

# **Tsé-tsé et trypanosomoses. Du système pathogène à l'évaluation du risque**

(PIREVS Réf. CNRS 96/C/12)

Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines. Intérêt pour la  
prévision du risque trypanosomien.

## **RAPPORT FINAL Janvier 1996 - Décembre 1998**

---

**CUISANCE Dominique, de LA ROCQUE Stéphane**  
CIRAD-EMVT

Programme Ecosystèmes Naturels et Pastoraux  
Campus International de Baillarguet, BP 5035  
34032 Montpellier cedex 1, France.

### **avec la participation de :**

**ARNAUD M.** (CIRAD-TERA), **AUGUSSEAU X.** (CIRAD-TERA), **BENGALY Z.** (CIRDES-EPI),  
**BORNE F.** (CIRAD-AMIS), **CUNY G.** (IRD), **GAUTHIER C.** (CIRAD-EMVT), **DE**  
**WISPELAERE G.** (CIRAD-EMVT), **FREYCON V.** (CIRAD-FORET), **GEOFFROY B.** (IRD),  
**GUILLOBEZ** (CIRAD-TERA), **KABORE I.** (CIRDES-ULV), **LOUNIS M.** (CIRAD-TERA),  
**LEFRANCOIS T.** (CIRDES-EPI), **MEALLET C.** (CIRAD-EMVT), **MICHEL J.F.** (CIRDES-  
ULV), **MICHEL V.** (CIRAD-EMVT), **OUEDRAOGO S.** (INERA-RSP) **PETITEAU L.** (CIRAD-  
AMIS), **SOLANO P.** (CIRAD-EMVT), **TOURE I.** (CIRAD-EMVT)



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



Montpellier, le 22-03-99

B. Faye



Centre  
de coopération  
internationale  
en recherche  
agronomique  
pour le  
développement

Département  
d'élevage et  
de médecine  
vétérinaire  
Cirad-emvt

Objet: Transmission d'un rapport

Grâce à un financement du CIRAD (ATP Santé/Environnement) et du CNRS (Programme interdisciplinaire "Environnement, Vie et Sociétés"), un travail de 3 années est en cours d'achèvement. Il se matérialise par la rédaction de ce premier rapport intitulé: *"Tsé-tsé et trypanosomoses. Du système pathogène à l'évaluation du risque"*, que j'ai le plaisir de vous faire parvenir.

Avec mes salutations les plus cordiales.

Dominique Cuisance

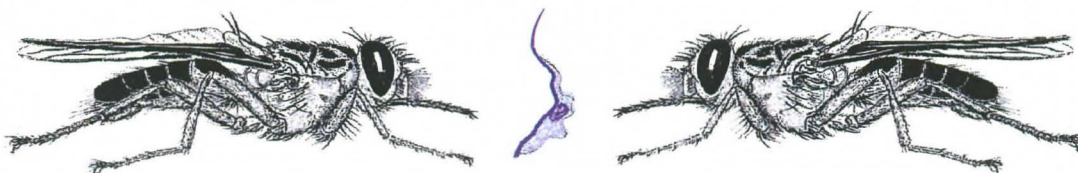
Dr Vét. Dominique Cuisance  
CIRAD-EMVT  
(Programme Ecosystèmes naturels et pastoraux)  
Campus international de Baillarguet, BP 5035  
34 032 Montpellier cedex 1 (France)  
Tél: 33.(0)4 67 59 38 21  
Fax: 33.(0)4 67 59 37 98  
Email: dominique.cuisance@cirad.fr

Campus  
international  
de Baillarguet  
BP 5035  
34032 Montpellier  
Cedex 1, France  
téléphone :  
33 (0)4 67 61 58 00  
télécopie :  
33 (0)4 67 59 37 95  
www.cirad.fr

RCS Paris B  
331 596 270







# **Tsé-tsé et trypanosomoses. Du système pathogène à l'évaluation du risque**

(PIREVS Réf. CNRS 96/C/12)

Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines. Intérêt pour la  
prévision du risque trypanosomien.

## **RAPPORT FINAL Janvier 1996 - Décembre 1998**

---

**CUISANCE Dominique, de LA ROCQUE Stéphane**  
CIRAD-EMVT

Programme Ecosystèmes Naturels et Pastoraux  
Campus International de Baillarguet, BP 5035  
34032 Montpellier cedex 1, France.

### **avec la participation de :**

**ARNAUD M.** (CIRAD-TERA), **AUGUSSEAU X.** (CIRAD-TERA), **BENGALY Z.** (CIRDES-EPI),  
**BORNE F.** (CIRAD-AMIS), **CUNY G.** (IRD), **GAUTHIER C.** (CIRAD-EMVT), **DE**  
**WISPELAERE G.** (CIRAD-EMVT), **FREYCON V.** (CIRAD-FORET), **GEOFFROY B.** (IRD),  
**GUILLOBEZ** (CIRAD-TERA), **KABORE I.** (CIRDES-ULV), **LOUNIS M.** (CIRAD-TERA),  
**LEFRANCOIS T.** (CIRDES-EPI), **MEALLET C.** (CIRAD-EMVT), **MICHEL J.F.** (CIRDES-  
ULV), **MICHEL V.** (CIRAD-EMVT), **OUEDRAOGO S.** (INERA-RSP) **PETITEAU L.** (CIRAD-  
AMIS), **SOLANO P.** (CIRAD-EMVT), **TOURE I.** (CIRAD-EMVT)



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.**

*Campus International de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France*

- **CIRAD-EMVT** : Elevage et Médecine Vétérinaire (Programme Ecosystèmes Naturels et Pastoraux)
- **CIRAD-TERA** : Territoires, Environnement et Acteurs (Programme Espaces et Ressources)
- **CIRAD-FORÊT** : Forêts (programme Forêts Naturelles)
- **CIRAD-AMIS** : Amélioration des Méthodes pour l'Innovation Scientifique

**CIRDES : Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en Zone Subhumide.**

*01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso*

- Unité de lutte contre les maladies et leurs vecteurs
- Unité d'épidémiologie et d'application de nouvelles technologies

**INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles**

*BP 7192 Ouagadougou, Burkina-Faso*

- Programme de Recherches sur les Systèmes de Production Agricole

**IRD : Institut de Recherche pour le Développement (ex ORSTOM)**

*BP 5045, 34032 Montpellier cedex 01, France*

- Programme Maladies à Vecteurs / Laboratoire de taxonomie des vecteurs
- Programme Maladies à Vecteurs / Laboratoire d'épidémiologie des maladies à vecteurs



## RESUME

---

En Afrique sub-saharienne, les trypanosomoses restent des contraintes pathologiques majeures, tant pour la santé humaine que pour celle du bétail. Dans le domaine vétérinaire, la lutte contre deux des principaux vecteurs de ces parasitoses (*Glossina tachinoides* et *Glossina palpalis gambiensis* dans notre zone d'étude) repose notamment sur l'utilisation de systèmes de piégeage. Afin de la rendre compatible avec les ressources techniques et financières des populations rurales, elle doit être spatialement la plus ciblée possible. Les objectifs du projet actuel sont d'identifier les zones d'interventions prioritaires, en mettant en évidence des indicateurs robustes de la présence des glossines, elle-même appréhendée à travers les activités anthropiques (agriculture, élevage) en vue de révéler à l'échelle du terroir les points épidémiologiquement les plus dangereux qui intéressent le responsable de la santé.

Sur 1300 km<sup>2</sup>, de nombreuses informations relatives au système pathogène (vecteurs/parasites/hôtes) et à son environnement agroécologique et humain sont collectées et géoréférencées.

Les deux espèces (ou sous-espèces) de glossines présentes sont localisées dans les formations végétales le long des cours d'eau. Leurs biotopes spécifiques sont finement décrits, à la suite d'une prospection entomologique et écologique minutieuse (un site de piégeage systématique tous les 100 mètres, sur 120 km de réseau hydrographique; 70 paramètres écologiques/site). Des typologies permettent alors de mettre en évidence les conditions les plus favorables à chacune d'elles, et les habitats préférentiels sont repérés sur des images de télédétection à haute résolution (satellite SPOT) aboutissant à une segmentation linéaire des paysages de bas-fond reliés à un gradient de densités de glossines.

La zone d'étude connaît depuis quelques années une forte pression humaine liée à l'arrivée d'agriculteurs attirés par des conditions agroclimatiques favorables ("front pionnier" en zone cotonnière). L'évolution de l'occupation du sol est estimée en comparant des données de télédétection récentes (1996) et anciennes (1976). Ces changements de l'espace anthropisé sont mis en parallèle avec l'évolution des populations de glossines sur une période de 15 ans (enquête entomologique analogue réalisée en 1981). Cette analyse, effectuée par SIG (Système d'Information Géographique), permet de mettre en évidence l'impact des activités anthropiques sur les populations de vecteurs, et notamment le rôle de la proximité d'implantation des parcelles cultivées sur l'abondance et la diversité de ces vecteurs inféodés au réseau hydrographique (importance de la physiographie).

Les insectes capturés sont disséqués, et lorsqu'ils hébergent des trypanosomes, les parasites sont caractérisés par la technique PCR. De plus, l'origine des repas de sang est identifiée par technique Elisa. D'importantes différences spatiales apparaissent alors dans les combinaisons vecteurs/parasites : dans les milieux peu occupés par l'homme, la majorité des glossines se nourrit sur des reptiles sauvages et porte rarement des parasites de bovins. En revanche, lorsque l'occupation humaine est importante, ces mouches opportunistes réalisent essentiellement leur repas sur les animaux domestiques, et hébergent en majorité des trypanosomes pathogènes pour le bétail (*Trypanosoma vivax*, *T. congolense*, *T. brucei brucei*). De plus, le développement de marqueurs moléculaires (ADN microsatellites) chez *Glossina palpalis gambiensis* permet de révéler une structuration génétique intra-subspécifique à l'échelle macrogéographique mais aussi microgéographique (au niveau du réseau hydrographique étudié). Elle semble en relation avec des faciès épidémiologiques différents.

Des suivis de troupeaux sentinelles, réalisés durant 2 ans, mettent en avant l'importance du contact entre les hôtes vertébrés et les vecteurs infectants pour l'évaluation du risque de transmission. Ce contact est assuré essentiellement au niveau de la galerie forestière, lorsque le bétail vient s'abreuver. Pourtant, selon la pratique d'élevage et les parcours des troupeaux, le contact est plus ou moins intense et régulier. Un recensement exhaustif des propriétaires de



bovins (800 cours, 250 points d'eau), associé à une typologie des systèmes de production (agriculteurs, agro-pasteurs, éleveurs traditionnels), montre en effet des pratiques variables face à la contrainte de rareté de l'eau (abreuvement des petits cheptels au puits familial, par exemple).

Une modélisation originale de l'utilisation de l'espace par les bovins ("zones d'influence") en fin de saison sèche est alors proposée pour apprécier les relations spatiales bovins-glossines. Grâce à un SIG, la carte thématique "bovins" est croisée avec celle des paysages les plus favorables aux glossines, afin de mettre en évidence les sites où les interfaces sont les plus intenses. L'enquête rétrospective au niveau de ces « points épidémiologiquement dangereux » confirme la validité de la démarche.

Dans le cas de ces pathologies à transmission vectorielle, il apparaît clairement que l'évaluation du risque nécessite une vision globale du processus épidémiologique et impose de s'intéresser à des thèmes qui dépassent le contexte bioécologique classiquement décrit. Le "système éco-socio-pathogène" est ici abordé à différentes échelles, qui vont du "satellite au microsatellite" et avec la gamme des outils classiques et celles des outils les plus récents.

Les moyens modernes d'acquisition et de traitement des informations, notamment les SIG pour croiser des "couches d'information" très diverses, offrent un champs nouveau pour l'étude de ces maladies à vecteurs, mais aussi pour d'autres systèmes à transmission indirecte ou directe et pour d'autres thématiques.

---

---

## Remerciements

*Cette approche globale d'un risque parasitaire n'aurait pu se réaliser dans un délai court sans le financement accordé par plusieurs organismes (CIRAD, CNRS), l'aide du Ministère de la Coopération, ainsi que les appuis techniques et scientifiques de diverses équipes ou de personnalités du nord et du sud.*

*Qu'ils trouvent ici l'expression des remerciements et de la reconnaissance de tous ceux qui en ont bénéficié.*

### **CNRS**

Pavé A. (Directeur du PIREVS)

Brun E. (Attaché d'administration de la recherche)

### **OMS**

Le Berre R. (Directeur honoraire/Programme "Filarioses")

### **CIRAD**

Domenech J., Lefèvre P.C. (Directeurs EMVT)

Martin A. (Directeur adjoint EMVT)

Richard D. (Directeur scientifique EMVT)

Monicat F. (EMVT/Chef du Programme ECONAP)

Lhoste P. (Responsable Mission Productions animales)

Matheron G. (Président Centre CIRAD/Montpellier)

Pichot J.P. (Directeur TERA)

Duvallet G. (Responsable du Service Enseignement et formation)

Faye B. (EMVT/Chef du Programme Productions animales)

Lesnoff M. (EMVT/Programme Productions animales)

Begué A. (AMIS/Maison de la télédétection)

Lo Seen D. (AMIS/Maison de la télédétection)

Morant P. (TERA/ERE)

Forest F. (CA/Responsable du Programme Ecosystèmes cultivés)

Lacombe G. (EMVT/Service d'appui à la gestion)

Duranton J.F. (AMIS/Protection des cultures)

### **CIRDES**

Touré S.M. (Directeur)

Bauër B. (Chef ULV)

Sidibé I. (Chef EPI)

Sidibé D. (Unité Zootechnie)

### **INERA**

Hien V. (Directeur)

Ilboudo D., Bado V. (Chefs du Programme GRN/SP)

### **IRD**

Frézil J.L. (Président de la Commission scientifique N° 5)

Bellec C. (Responsable du Programme Maladies à vecteurs)

## SOMMAIRE

RESUME	1
1 – JUSTIFICATION	3
2 – LA ZONE PASTORALE DE SIDERADOUGOU	4
3 – LES GLOSSINES ET LEUR HABITAT	9
3.1. Facteurs discriminants de la présence des glossines	9
Matériel et méthodes	9
Résultats	11
Conclusion	19
3.2. Evolution en 15 ans de la situation entomologique	19
Etude diachronique des populations de glossines	21
Un milieu en pleine transformation	25
L'impact des transformations du milieu sur les densités de glossines	26
4 - GLOSSINES ET VARIABILITE GENETIQUE	28
4.1. Marqueurs moléculaires	29
4.2. Analyses génétiques	29
5 - LE SYSTEME PATHOGENE	32
5.1. La répartition spatiale des trypanosomes	33
Des trypanosomes chez les glossines	33
Des variations selon l'espèce de glossine	36
Répartition spatiale des « glossines dangereuses »	37
5.2. Le fonctionnement du système parasitaire	38
Matériel et méthodes	39
Conclusion	44
5.3. Le cheptel bovin : recensement, typologie des systèmes d'élevage	45
Le recensement des bovins	45
La caractérisation des systèmes de production	48
Localisation du cheptel et stratégies d'utilisation de l'espace	50
Conclusion	52
6 – LA MODELISATION	57
6.1. Les biotopes des glossines vus par satellite	57
Cartographie des formations de bas-fond	57
L'approche paysagère	58
Les paysages et les densités de glossines	61
6.2. Représentation des zones d'influence des bovins	62
Méthode	63
Résultats	65
Conclusion	69
6.3. Vers la mise en évidence des points épidémiologiquement dangereux	70
La démarche et ses limites	70
La modélisation des interfaces	71
Conclusion	75
7 – CONCLUSION	76
BIBLIOGRAPHIE	78
ANNEXES	82



# Tsé-tsé et trypanosomoses.

## Du système pathogène à l'évaluation du risque

(PIREVS Réf. CNRS 96/C/12)

---

Les trypanosomoses animales africaines sont des maladies parasitaires dues à des protozoaires flagellés du genre *Trypanosoma*, dont la transmission par injection à l'hôte définitif (l'homme et son bétail en particulier) est réalisée par un insecte hématophage. Ce dernier peut être, soit un simple vecteur mécanique ("seringue volante" souillée) tels que des tabanides, des stomoxes, etc, soit plus généralement un vecteur "biologique" (chez lequel le parasite accomplit une évolution cyclique plus ou moins complexe avant d'être à nouveau transmis) telles que les glossines ou **mouches tsé-tsé**.

Le "tripode" de ce système parasitaire est donc représenté par: les parasites (les **trypanosomes**) qui tuent, les vecteurs (surtout les **glossines**) qui transmettent, et enfin les victimes (les **mammifères**) qui subissent.

### 1- Justification

- En santé humaine, les trypanosomoses demeurent hélas une maladie d'une brûlante actualité puisque l'OMS fait état de 300 000 à 500 000 cas (CATTAND & JANNIN, 1998) avec une réémergence dramatique ces dernières années, en particulier en Afrique centrale (Angola, République démocratique du Congo, Mozambique, Soudan, République Centrafricaine, etc.).

- En santé vétérinaire, les trypanosomoses animales africaines sévissent sur 8,7 millions de km<sup>2</sup> au sud du Sahara, touchant 37 pays. Si leurs effets directs (mortalité, morbidité) se traduisent notamment par une réduction de la production de viande de 5 à 30 % et de lait de 10 à 20 %, les effets indirects occasionnent une baisse de la densité du bétail de 37 % en zone sub-humide et de 70 % en zone humide (TACHER ET AL., 1987, DE HAAN ET BEKURE, 1991, SWALLOW, 1997). Dans le marché du médicament vétérinaire, les trypanocides représentent 44 % des ventes (THOMIERES, 1996).

Pour l'Afrique de l'Ouest, sur les 25 prochaines années l'augmentation de la demande en produit d'origine animale est estimée à environ 4% (elle est actuellement autour de 2 %), ceci notamment en raison d'une croissance démographique annuelle de la population évaluée à 3 %. L'augmentation de cette production doit être basée sur celle de la productivité plutôt que sur celle du nombre d'animaux, au risque de conséquences désastreuses pour l'environnement.

Dans le domaine vétérinaire, la stratégie de lutte contre les trypanosomoses associe en général, d'une part des interventions contre le parasite (suppression ou traitement des réservoirs animaux, promotion du bétail trypanotolérant, vaccin en cours d'essai), d'autre part des interventions contre les glossines, principaux vecteurs.

L'implication de trois acteurs (parasite/vecteur/hôtes) dans cette maladie à transmission indirecte ne facilite pas la tâche de l'épidémiologiste, ni celle du responsable des campagnes de lutte.

#### Qui transmet quoi? Où? et Quand?

Les interactions sont complexes et sont, en plus, modulées par l'environnement agroécologique et socio-économique des milieux affectés. Complexité du système pathogène et instabilité croissante et rapide de son environnement vont influencer la genèse et l'évolution de cette maladie parasitaire majeure.



Le premier objectif de l'étude a consisté à identifier les facteurs discriminants de la présence de deux glossines majeures dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Cette étude, qui a été le pivot de tout le projet, a engendré rapidement de nouvelles perspectives et donc de nouvelles investigations, en particulier sur la dynamique d'occupation agricole, la spatialisation du bétail, les rapports agriculture/élevage, les rapports homme/végétation naturelle.

La transversalité des domaines abordés a permis alors d'approcher l'évaluation du "risque trypanosomien" par la mise en œuvre d'une interdisciplinarité indispensable et très féconde, dont les résultats sont ici présentés.

Cette étude a bénéficié, d'une part d'un financement CNRS/Programme interdisciplinaire de recherche thématique "Environnement, Vie et Sociétés" accordé en février 1996 pour une durée de 3 années, d'autre part d'un financement CIRAD/Action Thématique Programmée "Santé-Environnement" notifié en avril 1996 pour 4 années. Elle a donné lieu à deux rapports intermédiaires en 1996 et 1997.

## 2- La zone agropastorale de Sidéradougou

La zone de Sidéradougou se situe au sud de Bobo Dioulasso (11°10 N, 4°19 W, 434 m d'altitude), au Burkina Faso, en dessous de la falaise dite de Banfora (entre Bobo-Dioulasso et Banfora) constituée de grès précambriens, qui restituent l'eau sous forme de sources à l'origine de deux rivières (Koba et Bougouriba). Dans cette zone de 350 000 ha, la partie étudiée est située au nord et couvre 150 000 ha, qui correspondent approximativement au bassin versant de la rivière Koba et à l'amont de celui de la rivière Bourgouriba (Figure N° 1).

De nombreuses études ont été réalisées par le passé dans cette zone de Sidéradougou, pressentie dans les années 80 pour devenir un site d'accueil des transhumants en saison sèche. Aussi furent examinées ses potentialités hydriques et fourragères, ses principales contraintes notamment sanitaires et juridiques, et des recommandations avaient été formulées pour son aménagement.

Lors de ces études, la Trypanosomose Animale Africaine (TAA) apparut comme un des problèmes sanitaires majeurs pour l'élevage, représentant près de 50% des interventions vétérinaires. Aux traitements trypanocides classiques, les experts recommandèrent d'associer une lutte contre les vecteurs de ces parasites : "...la venue du bétail dans les zones infestées risque d'accroître sensiblement la densité des mouches. Il y a donc obligation de mener une action d'assainissement contre les glossines..." (TOUTAIN et al., 1978).

Une enquête entomologique très fine fut réalisée durant les saisons sèches 1982-83 sur plus de 600 kilomètres du réseau hydrographique et le long de transects tracés dans les savanes (CUISANCE et al., 1984b). Cette prospection montra que l'infestation glossinienne était générale dans la zone, à la fois dans les galeries forestières avec deux espèces (ou sous-espèces) de mouches ripicoles (*Glossina tachinoides* Westwood, 1850 et *Glossina palpalis gambiensis* Vanderpank, 1949) mais également hors du réseau dans le sud de la zone, avec une espèce savanicole (*Glossina morsitans submorsitans* Newstead, 1910).

Après l'évaluation de la situation entomologique, une lutte intégrée originale contre les mouches fut entreprise en associant pour la première fois, d'une part une technique de piégeage en saison sèche et d'autre part la technique des lâchers de mâles stérilisés par irradiation. (CUISANCE et al., 1984, 1979, POLITZAR et al., 1984, MEROT I. et al., 1984). En 3 ans d'efforts intensifs, la zone fut totalement débarrassée des glossines. En périphérie de ce périmètre assaini, un système de barrières efficaces, consistant en la pose de pièges et d'écrans imprégnés d'insecticide, fut prévu pour empêcher des glossines extérieures de pénétrer dans la zone (CUISANCE et al., 1979, POLITZAR & CUISANCE, 1983). Malheureusement, le manque d'entretien de ces barrières puis leur abandon après la fin du projet pour des raisons indépendantes de celui-ci, ne permirent pas d'assurer durablement la protection de la zone, et les premières glossines colonisatrices furent repérées au niveau des sources de la falaise

en 1986 (BAUER *et al.*, 1988). Depuis, cette zone a été totalement envahie, mais seulement par les deux glossines ripicoles.

L'importance des données anciennes en matière d'entomologie, mais aussi l'existence d'informations fiables dans divers domaines et décrivant le milieu tel qu'il était il y a une vingtaine d'années, ont été des éléments décisifs dans le choix de cette zone agropastorale de Sidéradougou comme terrain de la présente étude.

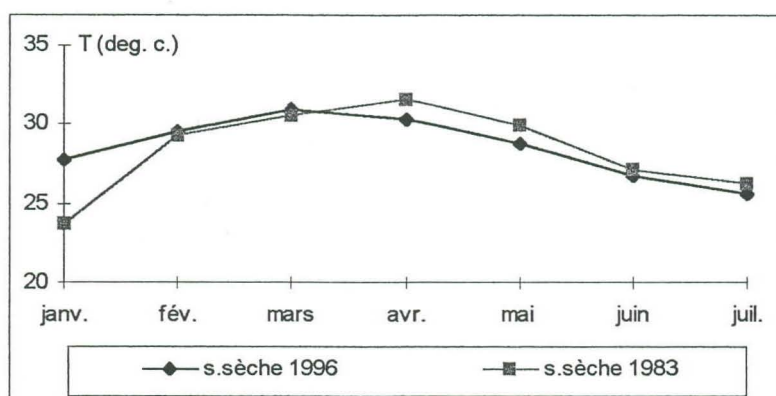


**Figure N° 1 :** Localisation de la zone d'étude (moitié nord de la zone agro-pastorale de Sidéradougou)



Figure N° 2

Températures moyennes mensuelles des saisons sèches de 1983 et 1996 relevées à la station de Bobo Dioulasso (source : ASECNA, direction de l'exploitation météorologique, Ouagadougou)



Précipitations mensuelles des saisons sèches de 1983 et 1996 relevées à la station de Bobo-Dioulasso (source : ASECNA, Direction de l'exploitation météorologique, Ouagadougou)

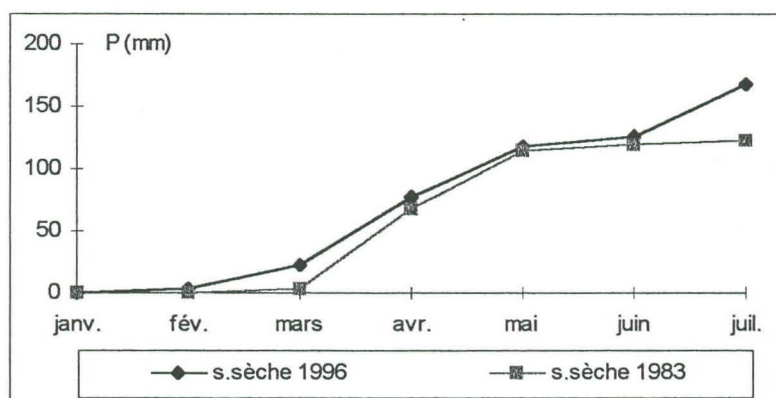






Figure N° 3: Galerie forestière, habitat typique de *Glossina palpalis gambiensis* et de *Glossina tachinoides* dans la zone agropastorale de Sidéradoukou. Intersection avec les chemins; proximité du parcellaire agricole. (Photo J.F. MICHEL, 1998)



### 3- Les glossines et leur habitat

#### 3.1- Facteurs discriminants de la présence des glossines

Une enquête entomologique a été réalisée durant la saison sèche 1996, suivant un protocole identique à celui adopté lors de la prospection des années 82-83 (CUISANCE *et al.*, 1984b). Seule la partie septentrionale de la zone a été couverte, ce qui comprend le réseau hydrographique du Koba et de son affluent le Tolé, depuis leur source jusqu'à l'embranchement avec le Dala. Quelques autres affluents ont été également visités. Au total, près de 120 km de réseau ont été prospectés (DE LA ROCQUE, 1997).

L'enquête de terrain a associé des études entomologiques, parasitologiques et écologiques. Des cartes de la répartition actuelle des deux espèces ont ainsi pu être dressées. Au delà de l'enquête purement entomologique, les résultats obtenus permettent de décrire les habitats les plus favorables à chacune d'elles et de rechercher les facteurs d'environnement les plus discriminants pour comprendre leur distribution de ces tsé-tsé.

#### MATERIEL ET METHODES

##### *L'échantillonnage*

Sur l'ensemble de ce réseau, un piège biconique (CHALLIER & LAVEISSIERE, 1973) a été posé tous les 100 mètres et laissé en place une journée. Une vingtaine de pièges pouvait ainsi être disposée chaque jour, ce qui correspond à une avancée d'environ 2 kilomètres. Tout le réseau initialement retenu dans le protocole a été prospecté ; l'enquête a donc été exhaustive.

Afin d'éviter l'impact des variations saisonnières sur les populations de glossines, un tirage au sort des zones à prospecter a été effectué. L'unité de base étant la distance que pouvait parcourir l'enquêteur en une journée, et pour des obligations logistiques, ces unités étant regroupées en "distance parcourue par semaine" (2 km x 5 jours), l'ensemble du réseau a alors été découpé en tronçons de 10 kilomètres dont l'ordre de prospection a été tiré au sort (FRONTIER, 1983, NELSON, 1994).

##### *La saison sèche comme période de prospection*



La prospection entomologique a été réalisée en saison sèche, entre le 29 décembre 1995 et le 6 juin 1996. La saison sèche représente la période la plus favorable pour le piégeage, puisque les glossines sont confinées le long des lignes de drainage. C'est également la période de prédilection pour la lutte, d'autant que les savanes sont alors dégagées par le passage des feux de brousse rendant possible le passage des véhicules.

##### *La réalisation du protocole*

En pratique, l'équipe (le chercheur, un technicien entomologiste et un chauffeur) est partie en début de semaine et a installé un campement en brousse à proximité du tronçon à prospecter.

Une fois sur le site, la prospection a été effectuée à pied, la voiture suivant lorsque les conditions de terrain l'ont permis. Le travail a commencé par la pose des pièges le matin entre 7h et 9h 30 et le remplissage d'une fiche de description du site (environ 70 paramètres). Le relevé des pièges a été fait vers 18 heures<sup>1</sup>. Chaque site prospecté a été géoréférencé au GPS (Global Positioning System, GARMIN 75<sup>ND</sup>) selon une procédure idoine (FREYCON, 1996).



photo : S. de La Rocque

Chaque soir, les glossines capturées dans la journée étaient dénombrées par espèce et par sexe. Les résultats sont exprimés en Densité Apparente par Piège/Jour (DAP), qui correspond au nombre de mouches attrapées par piège et par jour<sup>2</sup>. Puis, les glossines non ténérales<sup>3</sup> ont été disséquées. Lorsque leur nombre a été trop important, les dissections ont repris le lendemain entre la pose et le relevé des pièges.

Les dissections des glossines ont été réalisées à la loupe binoculaire dans l'ordre suivant :

- prélèvement et montage à sec entre lames et lamelles des ailes pour des analyses biométriques ultérieures,
- dissection des pièces buccales (labre et hypopharynx), de l'intestin moyen et des glandes salivaires pour rechercher immédiatement au microscope (grossissement 400) les trypanosomes dans ces organes. Les organes positifs ont été conditionnés (tube Eppendorf avec 50 µl d'eau distillée stérile) et gardés au froid dans une glacière pour être ensuite analysés par PCR (Polymerase Chain Reaction) afin d'identifier les parasites présents,
- estimation de l'état de réplétion (note de 1 à 4) de l'intestin. Lorsque cela s'est avéré possible (produits de la digestion encore visibles), le sang résiduel de l'intestin a été récolté sur papier Whatman n°1 pour être ensuite analysé<sup>4</sup> au laboratoire afin de connaître l'identité de l'hôte nourricier,
- dissection des ovaires des femelles pour déterminer leur âge physiologique (CHALLIER, 1965).
- Montage des ailes entre lame et lamelle en vue d'une analyse biométrique grâce au logiciel mis au point "Fly Picture Measurements" (PETITEAU, BORNE, 1997), permettant des mesures semi-automatiques de certains segments (longueur, largeur, surface, niveaux de gris): étude des relations taille/habitat (résultats en cours d'exploitation).

<sup>1</sup> Le rythme circadien d'activité des insectes est particulièrement important à connaître puisqu'il détermine les moments de la journée pendant lesquels le piégeage est le plus efficace. L'aspect de la courbe d'activité est bimodale en saison chaude (repos aux heures chaudes de la mi-journée), unimodale en saison froide. Lors des travaux réalisés dans le cadre de la présente étude, les captures de quelques pièges ont été examinées plusieurs fois dans la journée, afin d'estimer la tranche horaire où les glossines ont pénétré. Au niveau d'un vaste point d'abreuvement, étudié au mois de mars puis d'avril, il a été observé que respectivement 78 à 91% des glossines capturées en 24 heures l'ont été entre 10h 30 et 17 heures. Le protocole adopté pour l'enquête entomologique, où les pièges ont été déposés entre 7h et 9h 30 et relevés à partir de 18 heures a donc permis des captures optimales.

<sup>2</sup> Cette DAP est largement utilisée sur le terrain ; la proportionnalité entre la Densité Réelle et la DAP est difficile à prouver. La disponibilité, ou "availability", qui se définit comme le rapport entre les deux a été calculée par Cuisance et al. (1978) voisine de 10 lors d'une enquête près de Bobo Dioulasso (CUISANCE, 1978).

<sup>3</sup> Une glossine est dite ténérale tant qu'elle n'a pas pris son premier repas.

<sup>4</sup> Par test ELISA



### Les points sentinelles

Fortement dépendantes des conditions climatiques, les densités des glossines subissent des variations saisonnières dont il faut tenir compte dans l'interprétation d'une prospection étalée sur plusieurs mois. Afin de suivre ces variations, quatre sites ont été retenus comme "points sentinelles" de référence et des pièges y ont été posés régulièrement tous les mois. Deux d'entre eux se situent dans des galeries forestières denses (PS 2 et PS 3), un troisième se localise à un passage de piste dans un bas fond arboré (PS 1) et le dernier a été choisi au niveau d'un point d'abreuvement pérenne et très fréquenté toute l'année (PS 4).

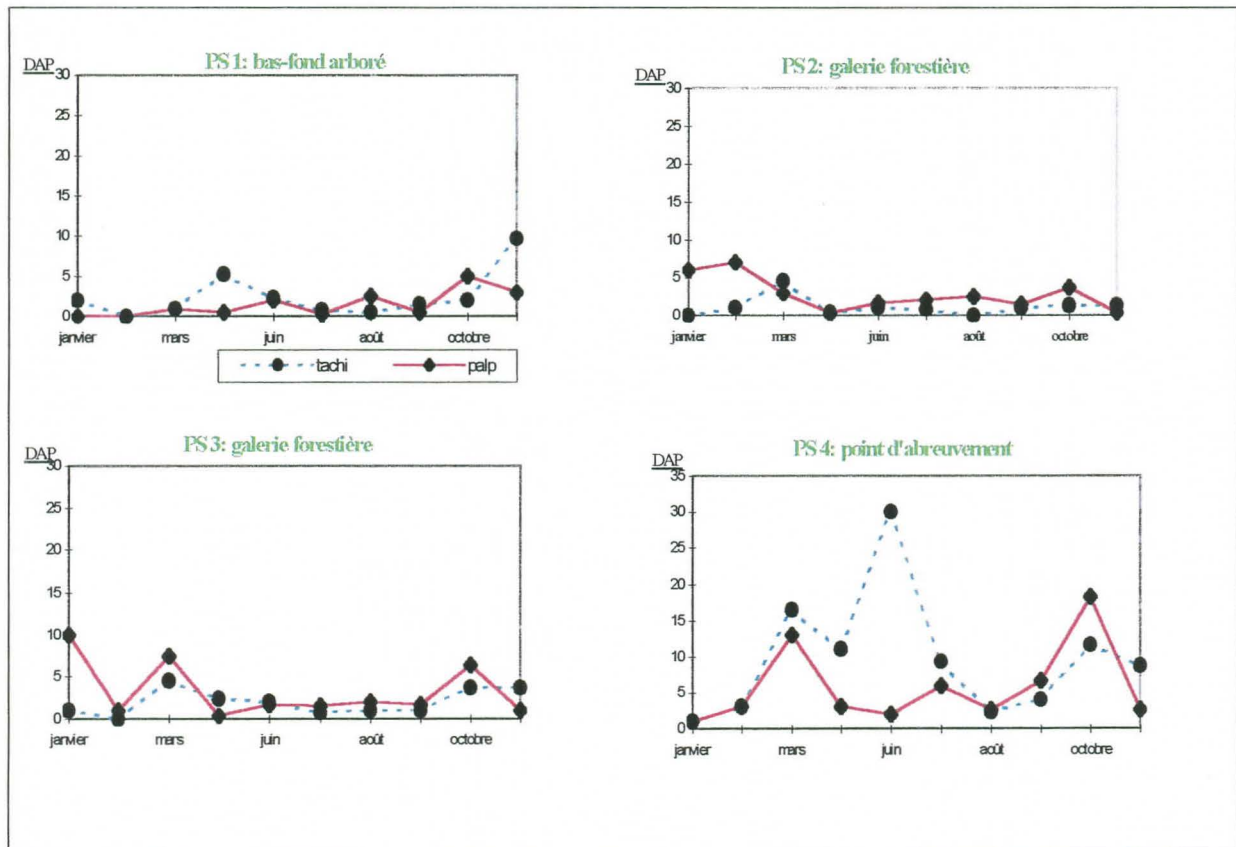
### Résultats

Au total, lors de cette campagne,

- 1 026 pièges ont été posés,
- 3604 glossines ont été capturées, appartenant aux deux espèces ripicoles (1512 *G. palpalis gambiensis* et 2092 *G. tachinoides*).
- Aucune *G. morsitans submorsitans* n'a été attrapée,
- La moitié des mouches capturées (1 802) a été disséquée, l'autre moitié étant dans un état qui ne le permettait pas (insectes en mauvais état ou abîmés par les fourmis).

### Evaluation des variations saisonnières : les points sentinelles (DE LA ROCQUE S., 1997)

Figure 4: Variations saisonnières des captures de glossines au niveau des points sentinelles (DE LA ROCQUE S., 1997)





Il est connu que les densités de glossines augmentent au mois de juillet et août, période de saison des pluies particulièrement favorable à ces insectes (CHALLIER, 1973). Au niveau des points sentinelles, ce pic est peu marqué, ce qui est sans doute lié à une dispersion des glossines hors des galeries étroites à cette saison. En saison sèche, les densités augmentent légèrement durant les mois de février-mars, puis elles diminuent au moment des plus fortes chaleurs (avril). Mais, d'une manière générale, et à l'exception du piège PS 4, les résultats mensuels restent comparables tout le long de la saison sèche.

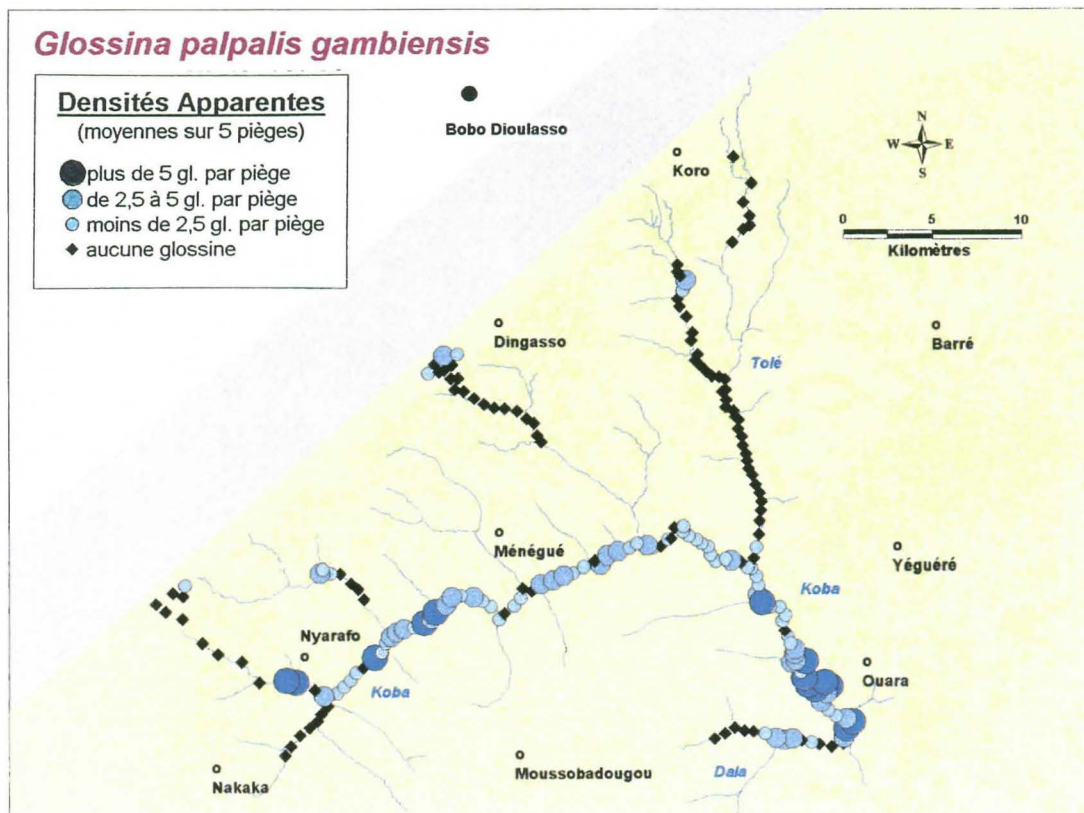
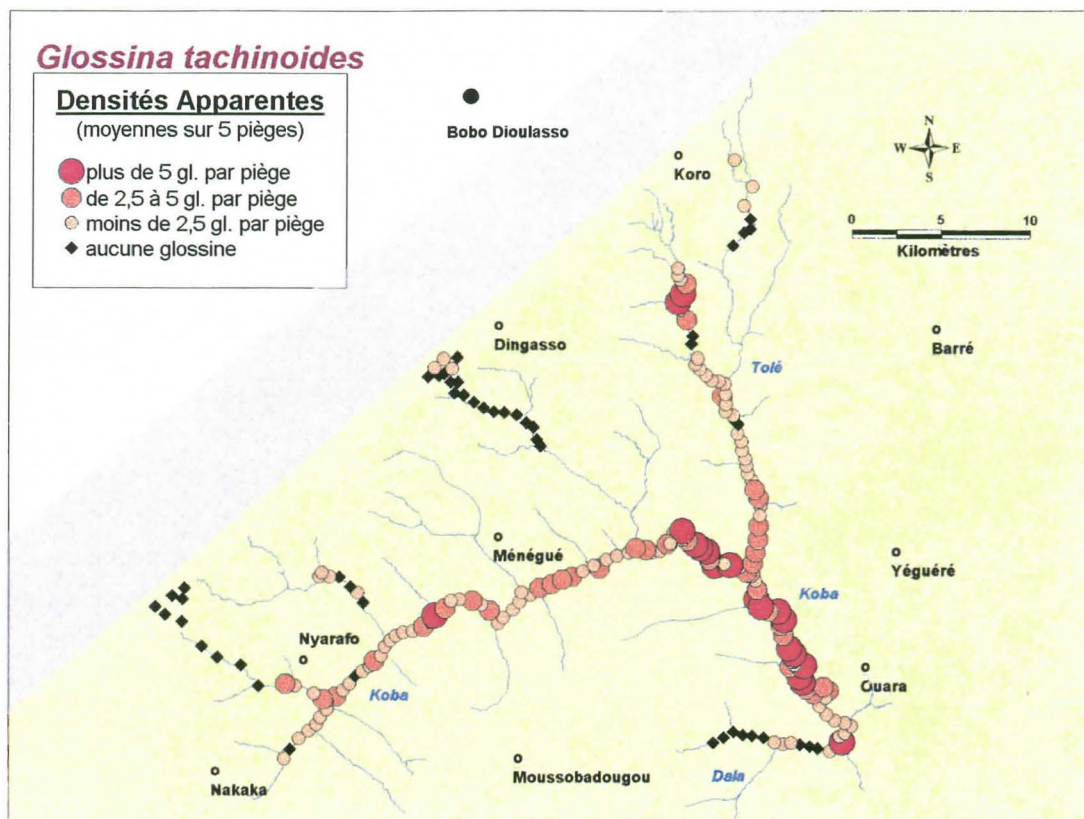
Le piège 4 est situé autour d'un point de puisage et d'abreuvement pérenne. Rare endroit dans cette région où l'eau ne tarit pas, il est en conséquence très fréquenté par les villageois de Nyarafo et par le bétail des campements peuls voisins. De plus, il se situe au niveau d'une des plus importantes pistes de la zone, un pont permettant de franchir le cours d'eau. Tous ces facteurs sont très favorables aux glossines, qui trouvent ici un habitat et une concentration exceptionnelle d'hôtes nourriciers, notamment en saison chaude. La chute des densités au mois d'août est à relier aux crues du cours d'eau qui submergent les gîtes de ponte.

Les résultats entomologiques recueillis durant les 6 mois de prospection (de janvier à juin) sont considérés comme comparables, même si, comme il a été vu précédemment, les densités de glossines fluctuent légèrement durant la saison chaude. La stratégie qui visait à tirer au sort les sites de prospection hebdomadaire a permis d'éviter de trop gros biais saisonniers.

### ***Répartition actuelle des glossines le long du réseau hydrographique***

Les cartes de répartition pour chacune des deux espèces apparaissent sur les figures N° 5 et 6, chaque symbole représentant une moyenne de glossines capturées sur 5 pièges (DE LA ROCQUE, 1997). Rappelons qu'aucune *G. morsitans submorsitans* n'a été capturée durant cette campagne alors qu'elle était signalée 15 années auparavant.

Figures N° 5 et 6: Cartes de la répartition actuelle de *Glossina tachinoides* et de *Glossina palpalis gambiensis* dans la zone d'étude (DE LA ROCQUE S., 1997).





Ces cartes montrent que les deux espèces ripicoles sont présentes tout le long du cours d'eau principal :

- les plus fortes densités sont obtenues le long de la branche aval de la rivière Koba. Ainsi qu'il sera vu ultérieurement, le bas-fond de cette zone se caractérise d'un point de vue pédologique par la présence de "terrasses jaunes" qui protègent les formations végétales ripicoles d'un voisinage humain trop étroit. En revanche, l'importance des agriculteurs et agropasteurs alentour entraîne une intense fréquentation du cours d'eau par les hommes ou le bétail, ce qui fournit aux glossines autant d'hôtes nourriciers potentiels.
- dans la partie amont de la rivière Koba, *G. tachinoides* et *G. palpalis gambiensis* sont présentes en densités variables, selon les types de formations végétales (essentiellement des cordons et de petites galeries) et les types de cours d'eau (généralement des rivières temporaires). Elles sont plus élevées par exemple au niveau de la courbe "en baïonnette" du lit du cours d'eau, où les galeries forestières denses et les forêt-galeries sont particulièrement bien représentées.
- *Glossina tachinoides* est également abondante au niveau de l'embranchement du Tolé et est répartie tout le long de cet affluent, alors que *G. palpalis gambiensis*, ne se localise que dans la partie sud.
- Au niveau des sources au pied de la falaise, les deux espèces cohabitent en densités moyennes et de manière isolée des populations présentes sur le réseau. Les petites formations boisées denses qui les entourent constituent des habitats favorables (*G.p. gambiensis* est appelée aussi "mouche des sources"). Ces "bois de sources" s'estompent rapidement le long de la ligne de drainage pour laisser la place aux savanes, les galeries ne réapparaissant que beaucoup plus en aval.

La niche écologique de *G. palpalis gambiensis* est plus étroite que celle de *G. tachinoides*, ce qui est illustré par leur répartition spatiale. *G. palpalis gambiensis* apparaît sténoèce<sup>5</sup> et sténotope<sup>6</sup>, et se localise de manière agrégative dans les biotopes denses et préservés. *G. tachinoides* apparaît plus euryèce et eurytope, et se rencontre en densités variables sur l'ensemble du réseau hydrographique hormis dans les zones de savanes.

### Caractérisation des biotopes

Durant la prospection, une fiche permettant de décrire l'environnement immédiat du piège a été remplie au niveau de chaque site de capture. Un grand nombre d'informations (environ 70 variables) sur la végétation, le cours d'eau, la fréquentation du sites ont été relevées. Parmi les 1 026 fiches originales, après élimination de celles ayant des données manquantes, 962 ont été retenues pour les analyses statistiques (ARNAUD M., LOUNIS M., 1997).

#### > Etude par thèmes

La structure des formations arborées ripicoles et le régime du cours d'eau détermine des conditions d'écidioclimats<sup>7</sup> plus ou moins favorables au développement des mouches tsé-tsé riveraines. La description des biotopes a donc été réalisée à partir de typologies des descripteurs du milieu, répartis en 3 grands thèmes :

- 1) structure de la formation végétale,
- 2) structure du cours d'eau,
- 3) fréquentation du site.

<sup>5</sup> Une espèce sténoèce ne peut supporter que des variations limitées des facteurs écologiques, et s'oppose aux espèces euryèces capables de peupler des milieux variables.

<sup>6</sup> Les espèces sténotopes sont spatialement localisées, et les espèces eurytopes ont des distributions plus larges.

<sup>7</sup> L'écidioclimat correspond aux conditions abiotiques de l'environnement immédiat (micro-environnement) autour de l'insecte (CHALLIER, 1973).



### ◆ Les différentes architectures végétales

A partir de tous les relevés, il se dégage cinq principales architectures de formations végétales. Elles sont décrites et illustrées ci-dessous. Les résultats entomologiques (DAP moyennes) pour chacune des deux espèces de glossines sont également indiqués.

#### Galerie forestière dense (n = 178)

Cette structure est large de 25 à 40 mètres, et haute en moyenne de 8 à 10, voire 15 mètres, avec des fluctuations importantes puisque les hauteurs maximales peuvent atteindre 25 mètres et les minimales ne dépassent pas 6 mètres. Le recouvrement est important à très important (plus de 75%). Ces formations sont riches en buissons de grande taille, en racines hautes et en branchages. En revanche, les herbacées sont peu abondantes. La lisière de la formation est dense à très dense.

Ce sont des milieux bien fermés, protégés des savanes avoisinantes.



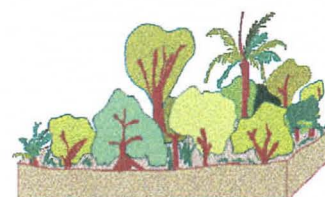
*G. p. gambiensis* : 2,7

*G. tachinoides* : 2,8

#### Forêt-galerie (n = 139)

Cette formation est large ou très large, et haute en moyenne de plus de 15 mètres, très fréquemment de 25. Le recouvrement est généralement très important. Il y a peu d'herbes, mais des buissons élevés, beaucoup de racines hautes, de branchages. La lisière est dense voir très dense. Le sous-bois est touffu, encombré.

Ce type de formation constitue un milieu particulier dans la savane, très fermé et très hermétique. Elle est représentée par exemple par les îlots de forêt-galeries, ou les tronçons de galeries larges dans les bas-fonds.



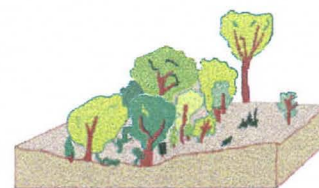
*G. p. gambiensis* : 2,7

*G. tachinoides* : 1,8

#### Cordon ripicole dense (n = 147)

Cette structure est étroite (moins de 25 mètres de large, parfois jusqu'à 40), mais surtout élevée, avec une hauteur moyenne toujours supérieure à 10 mètres, et généralement à 15. Les hauteurs minimales sont très rarement inférieures à 9 mètres, et les formations dépassent facilement 25 mètres de haut. Le recouvrement est fort à très fort (plus de 75%). Les herbacées sont peu représentées, mais les buissons de toutes tailles sont nombreux. Beaucoup de racines sont apparentes. La lisière est peu ou moyennement dense.

Cette forme forte se caractérise par l'importance des ligneux de haute taille très recouvrant. La strate inférieure est claire, aérée.

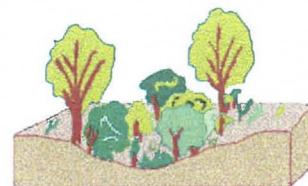


*G. p. gambiensis* : 1,4

*G. tachinoides* : 0,8

#### Cordon ripicole lâche (n = 188)

Cette structure est assez étroite, généralement moins de 25 mètres. Elle est haute de 8 à 15 mètres en moyenne. Les hauteurs maximales peuvent dépasser 25 mètres, mais également plafonner à 14 mètres. Le recouvrement est par endroit important (plus de 50%), mais dans la majorité des cas reste entre 25 et 50%. Ces milieux sont riches en buissons peu hauts, en racines basses, en branchages et quelques herbacées sont présentes. La densité de lisière est nulle ou faible. Cette formation se caractérise par sa structure hétérogène, associant des bosquets denses, de grands arbres à des trouées broussailleuses.

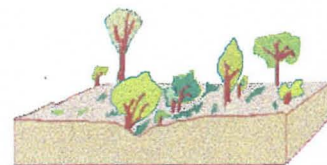


*G. p. gambiensis* : 2,6

*G. tachinoides* : 1,5

#### Savane arborée/arbustive (n = 191)

Cette entité est véritablement individualisée. La largeur est mal définie (souvent en dessous de 10 mètres, ce qui se situe au niveau de la taille de l'individu ligneux), la hauteur moyenne est en dessous de 8 mètres. Le recouvrement est faible. L'herbe est importante, mais basse. Il n'y a ni buisson, ni racine, ni branchage, et la densité de lisière est nulle. Cette structure correspond à une ligne de drainage en zones de savanes.



*G. p. gambiensis* : 0,2

*G. tachinoides* : 0,1



En résumé,

- Les deux espèces de glossines sont abondantes dans les forêt-galeries et les galeries forestières.
- Les cordons sont peu favorables à *Glossina palpalis gambiensis*. *G. tachinoides* s'en accommode plus aisément.
- les savanes sont des milieux défavorables aux deux espèces.

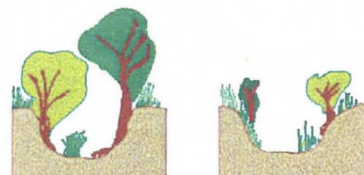
♦ Les différentes architectures des cours d'eau

8 types d'architectures apparaissent distinctement. Elles sont décrites et illustrées ci-dessous avec les données entomologiques correspondantes.

Type Rivière temporaire encaissée (n = 149)

Le lit est encaissé à très encaissé, avec des berges de plus de 2 mètres de haut. La trajectoire est relativement droite, et l'eau est présente généralement de 6 à 8 mois par an. Le cours est soit ouvert, soit fermé.

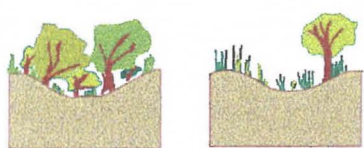
*G. palpalis gambiensis* : 2,3    *G. tachinoides* : 1,4



Type Rivière temporaire peu encaissée (n = 191)

La rivière est en eau durant 6 à 8 mois, parfois un peu plus. La trajectoire est rectiligne, et les berges sont inclinées et peu élevées (moins d'un mètre). Tous les types de recouvrement sont rencontrés.

*G. palpalis gambiensis* : 2,7    *G. tachinoides* : 1,4



Type Ruisseau temporaire (n = 136)

En eau durant en général moins de 6 mois, le cours a des berges peu encaissées, de hauteur variable entre 0,5 et 2 mètres. La trajectoire est droite. Dans 1/3 des cas, le lit est recouvert; sinon il est ouvert ou semi-ouvert.

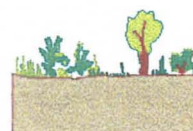
*G. palpalis gambiensis* : 2,1    *G. tachinoides* : 1



Type Prairie hydromorphe (n = 139)

La zone est en eau durant moins de 6 mois par an. Les berges sont presque horizontales, et le lit est totalement ouvert. Ce type de structure correspond par exemple aux prairies de bas-fonds.

*G. palpalis gambiensis* : 0,3    *G. tachinoides* : 0,1



Type Canyon (n = 47)

Ce type de cours d'eau est immergé durant moins de 8 mois par an. Sa trajectoire est sinueuse, et son sol composé d'argile, ou fréquemment de sable et de gravier. Le lit est très encaissé, et les berges abruptes sont élevées (2 mètres). Le cours est soit au trois quart, soit totalement ouvert.

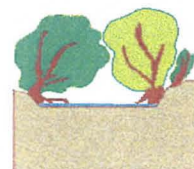
*G. palpalis gambiensis* : 1,1    *G. tachinoides* : 0,4



Type Rivière peu encaissée de galerie fermée (n = 78)

L'eau y est présente jusqu'à 11 mois par an. Le lit est rectiligne, peu encaissé, avec des berges de 1 à 2 mètres de haut, et généralement il est totalement couvert.

*G. palpalis gambiensis* : 3,1    *G. tachinoides* : 2,8



Type Rivière de galerie ouverte (n = 63)

Cette formation est faiblement représentée, mais très caractéristique. L'eau est permanente, dans un lit peu encaissé et ouvert. Les berges sont hautes de 1 à 2 mètres, et la trajectoire de cours est généralement rectiligne. Malheureusement, l'effectif trop faible (n=13) interdit de la prendre en compte.

*G. palpalis gambiensis* : 1,5    *G. tachinoides* : 1,9

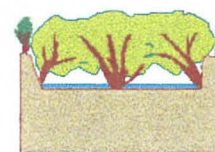


---

Type Rivière encaissée de galerie fermée (n = 159)

La rivière est en eau de 8 à 11 mois par an. Sa trajectoire est droite, ou souvent sinueuse. Le lit est très encaissé avec des berges hautes de 1 à 2 mètres, et totalement recouvert.

*G. palpalis gambiensis* : 2,6    *G. tachinoides* : 1,9



Les rivières de galeries fermées sont les structures les plus favorables aux deux espèces de glossines. Ceci est très marqué pour *G. palpalis gambiensis*, alors que *G. tachinoides* s'accommode plus volontiers de cours d'eau temporaires et ouverts, à l'exception toutefois des prairies hydromorphes.

♦ Les différentes situations de fréquentation des sites

A l'analyse, 6 types de situations de fréquentation apparaissent distinctement.

---

**Situation 1 :** Les sites sont rarement fréquentés, et seulement par les bovins de passage. Cette situation est la plus rencontrée.

---

**Situation 2 :** Ce type regroupe les sites de pâturage rarement ou moyennement fréquentés par les bovins.

---

**Situation 3 :** Figurent ici les zones très fréquentées pour l'abreuvement ou le pâturage, par les bovins et également par les petits ruminants et les hommes.

---

**Situation 4 :** Cette situation rassemble les sites d'abreuvement très fréquentés par les bovins, parfois les petits ruminants, mais pas par les hommes.

---

**Situation 5 :** Ces sites sont moyennement fréquentés. Il sont visités par les hommes, parfois par les petits ruminants et les bovins qui, soit passent, soit pâturent.

---

**Situation 6 :** Ce groupe comprend des sites moyennement fréquentés, à l'occasion de passage et de pâturage, par les bovins et occasionnellement par les petits ruminants.

---

Les captures de *G. palpalis gambiensis* sont significativement plus importantes lorsque le site est très fréquenté, en particulier par les bovins qui viennent s'abreuver. La présence d'hommes ne semble pas un élément favorisant.

De la même manière, les captures de *G. tachinoides* sont élevées au niveau des points d'abreuvement du bétail ou les lieux de traversée de la galerie. A l'inverse, les sites de pâturage, même fréquentés, ne semblent pas être associés à des DAP élevées.

➤ **Description des habitats les plus favorables**

A la suite de ces typologies par thème, une nouvelle analyse (AFC) a été réalisée avec l'ensemble des classes identifiées afin de voir comment s'agencent sur le terrain ces différentes modalités. Dans les milieux ainsi appréhendés, les résultats entomologiques ont été ensuite reportés, ce qui permet de mieux décrire les biotopes les plus favorables à chacune des espèces (DE LA ROCQUE S., ARNAUD M., LOUNIS M., 1997).





*Sites où les DAP de G. p. gambiensis sont supérieures à 6 mouches par piège:*

La végétation est du type galerie forestière, associée à un cours d'eau décrit comme une rivière encaissée ou peu encaissée de galerie fermée. L'environnement végétal est toujours dense ou très dense. Ces sites sont bordés par des savanes herbeuses ou arbustives et il n'y a pas de village à proximité. Ils sont très fréquentés, pour l'abreuvement, par les bovins et occasionnellement par les hommes.



*Sites où les DAP de G. p. gambiensis se situent entre 2 et 6 mouches par piège :*

La végétation est du type galerie forestière ou forêt-galerie, et le cours d'eau est une rivière temporaire encaissée. L'environnement est dense. Il existe fréquemment des villages peu éloignés et les sites sont souvent les lieux d'activités humaines tournant autour de l'usage de l'eau. Ils sont très fréquentés par les bovins et les petits ruminants comme points d'abreuvement.



*Sites où les DAP de G. tachinoides sont supérieures à 7 mouches par piège :*

La végétation est de type cordon ripicole lâche, forêt-galerie ou galerie forestière. Le cours d'eau est une rivière peu encaissée de galerie fermée. Le milieu est peu ou moyennement dense. Les sites sont bordés par des savanes arborées et il y a souvent des villages peu distants (300-600 mètres). Ils sont peu fréquentés, essentiellement par des bovins qui traversent la galerie. Des animaux sauvages sont très certainement présents, bien qu'aucune trace n'ait été relevée.



*Sites où les DAP de G. tachinoides se situent entre 2 et 6 mouches par piège :*

La végétation est de type forêt-galerie et le cours d'eau est décrit comme une rivière peu encaissée de galerie fermée. L'environnement immédiat des pièges est semblable à celui de la classe précédente. Les sites sont peu fréquentés, essentiellement par des bovins de passage.

### ➤ Recherche des facteurs les plus discriminants

En parallèle des typologies réalisées et afin de mieux décrire la nature des biotopes potentiels, les variables environnementales ont été analysées de manière indépendante, dans un premier temps par des études de corrélations directes, dans un second temps en les hiérarchisant pour rechercher celles qui discriminent le mieux les résultats entomologiques (ARNAUD M., LOUNIS M., 1997). Les principaux résultats sont rappelés ici.



photo : S. de La Rocque

Pour les deux espèces, la première variable discriminante est la largeur de la galerie : lorsqu'elle est inférieure à 10 mètres, respectivement 96% et 100% des pièges ne capturent aucune *G. tachinoides* et/ou *G. palpalis gambiensis*. Cette modalité retirée, le schéma prédictif de la présence de chacune des espèces est le suivant :

La présence de *Glossina palpalis gambiensis* peut être prédite à 90% lorsque la "surface transversale" de la galerie<sup>8</sup> est élevée (supérieure à 150 m<sup>2</sup>), les berges du cours d'eau sont inclinées, encaissées ou très encaissées, des ruminants sauvages sont présents, la biomasse<sup>9</sup> est élevée (supérieure à 137 m<sup>2</sup>) et les lisières de la galerie sont compactes.

La présence de *Glossina tachinoides* peut être prédite à 96% lorsque les berges sont hautes de plus de 0,5 mètres, la largeur de la galerie dépasse 25 mètres, le piège est moyennement ou très dégagé (le ciel est visible au dessus du piège entre 55 et 75% ou à plus de 90%), des animaux sauvages sont présents et la biomasse est faible (inférieure à 137 m<sup>2</sup>).

### Conclusion

Cette première étape, très lourde en travail de terrain, a permis de décrire l'ensemble de l'environnement favorable à la présence de chacune des espèces de glossines, et des paramètres écologiques discriminants ont été mis en évidence. La situation entomologique actuelle de la zone va maintenant pouvoir être comparée à celle observées en 1982, soit 15 ans auparavant, pour juger en particulier de l'impact des changements environnementaux sur les populations de vecteurs.

## 3.2- Evolution en 15 ans de la situation entomologique

Toutes les données entomologiques récoltées lors de la prospection 1996 ont été géoréférencées au GPS selon une procédure assurant une précision de l'ordre de 20 mètres (FREYCON, 1998). Les résultats de la campagne de 1982 ont également été numérisés de manière rétrospective, à partir des fiches de terrain et des cartes dressées au 1/50 000ème à l'époque. La répartition spatiale de ces

<sup>8</sup> La surface transversale correspond au produit de la largeur de la galerie par sa hauteur moyenne, et se veut un indicateur de "l'envergure" de la galerie.

<sup>9</sup> Rappelons que la biomasse est égale au produit de la largeur réelle des formations végétales (somme des largeurs à droite et à gauche du cours d'eau) par leur hauteur moyenne et par le recouvrement. Elle traduit l'importance de la biomasse végétale.



informations a alors été visualisée et l'évolution diachronique des populations de glossine a été étudiée grâce à l'utilisation d'un logiciel de SIG<sup>10</sup>.

En parallèle, de nombreuses études au sol ou par analyse d'images satellitaires ont permis de décrire le milieu et de juger de ses transformations durant la même période (AUGUSSEAU X., 1988, DE WISPELAERE G., 1998, GUILLOBEZ S., 1998, DIALLO M. *et al.*, 1998). Ces travaux permettent de mieux comprendre l'impact de l'évolution du milieu sur les populations des deux espèces de glossines présentes dans la zone : *Glossina tachinoides* et *G. palpalis gambiensis*.

---

<sup>10</sup> Système d'Information Géographique : MAPINFO version 4.5

## ETUDE DIACHRONIQUE DES POPULATIONS DE GLOSSINES (1982-1997)

### *L'hypothèse de base*

Cette étude diachronique repose sur une hypothèse de base: la zone a été totalement ré-envahie par les glossines, et les densités observables en 1996 peuvent être comparées à celles de 1982-83. Ceci a été vérifié dès le début du travail par quelques sondages entomologiques dans des endroits stratégiques. Cette hypothèse est également renforcée par la similarité des conditions climatiques de saison sèche à 15 ans d'écart, comme en témoigne l'examen *a posteriori* des données météorologiques mensuelles (température, pluviométrie; cf. Figure N° 2).

### *Evolution des populations de glossines dans la zone étudiée*

Les évolutions de chacune des populations de glossines, obtenues par différence entre les résultats des deux enquêtes, sont représentées sur les figures 7 et 8 (DE LA ROCQUE S., MICHEL V., 1997). Plusieurs situations se dégagent<sup>11</sup> :

- Dans une première zone que traverse la branche amont du Koba<sup>12</sup>, les populations de *G. tachinoides* et *G. palpalis gambiensis* ont légèrement augmenté. Les densités actuelles de chacune des deux espèces sont à des valeurs moyennes (entre 2 et 5 glossines par piège).
- Sur la branche aval du Koba, les densités des deux espèces de glossines ont fortement augmenté, surtout au sud pour la population de *G. palpalis gambiensis*, plutôt au nord pour celle de *G. tachinoides*. Les populations actuelles sont quantitativement importantes (DAP > 5).
- Le long du Tolé, *Glossina palpalis gambiensis* a très fortement régressé, voire disparu (à l'exception de la partie sud (continuité avec le Koba) et d'un petit bois dans le nord), alors qu'elle était présente de manière régulière en 82-83. Les populations de *G. tachinoides* ont également diminué dans la partie nord de l'affluent, mais se sont maintenues ou même ont augmenté plus au sud. Cette dernière espèce est encore bien représentée le long de l'affluent Tolé.

<sup>11</sup> Se reporter aux cartes de répartitions actuelles, présentées dans le chapitre précédent.

<sup>12</sup> La branche amont du Koba correspond à la partie de la rivière située à l'ouest de l'embranchement avec le Tolé ; la partie aval se situe à l'est de cet embranchement.



Figures N° 7 et N° 8: Evolution des populations de *Glossina tachinoides* et de *Glossina palpalis gambiensis* entre 1982 et 1996 dans la zone agropastorale de Sidéradougu (DE LA ROCQUE S., CUISANCE D., 1997)

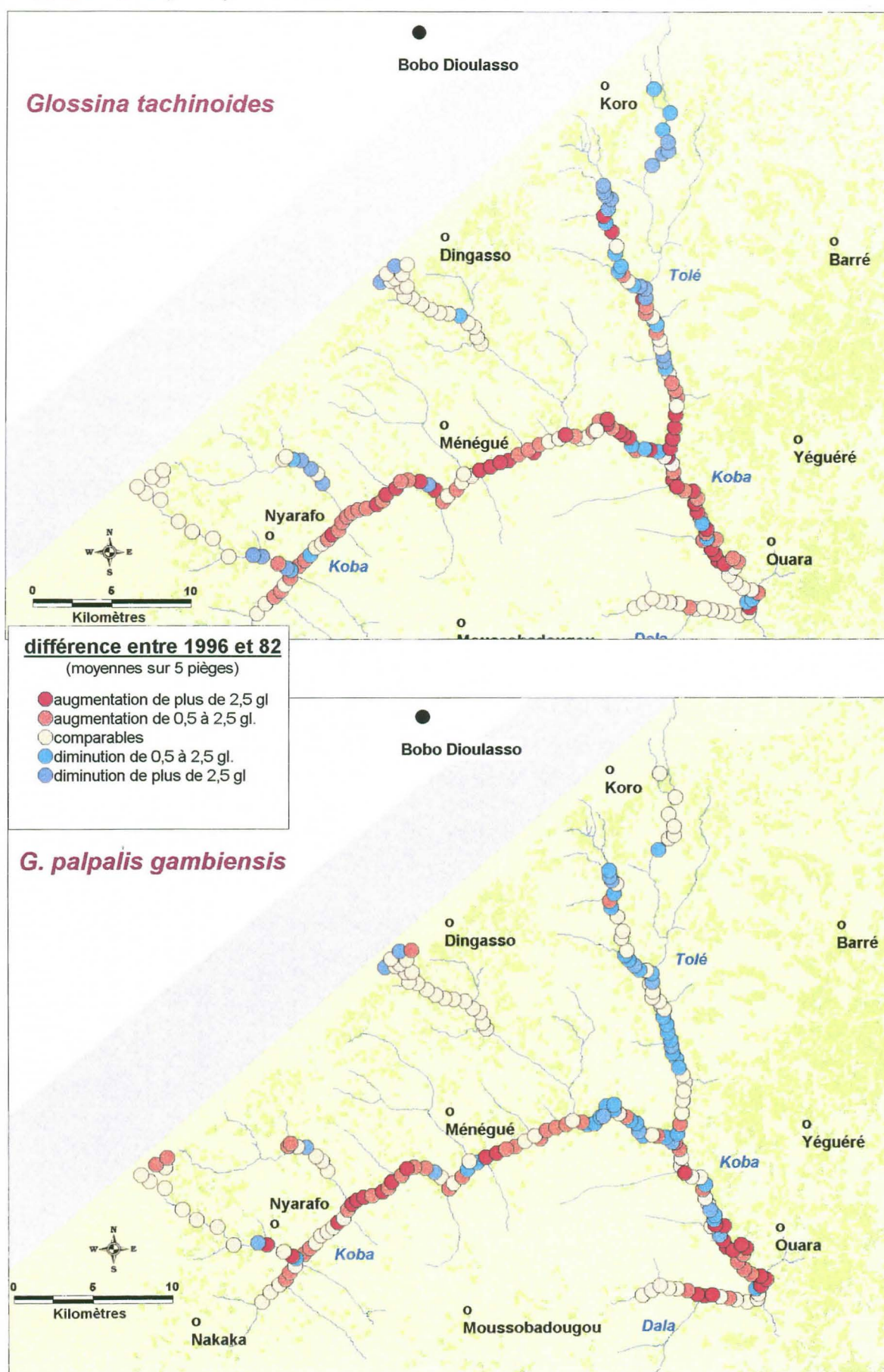




Figure N° 9: Densités de surfaces cultivées 1996 (interprétation visuelle)  
(AUGUSSEAU X., 1997).

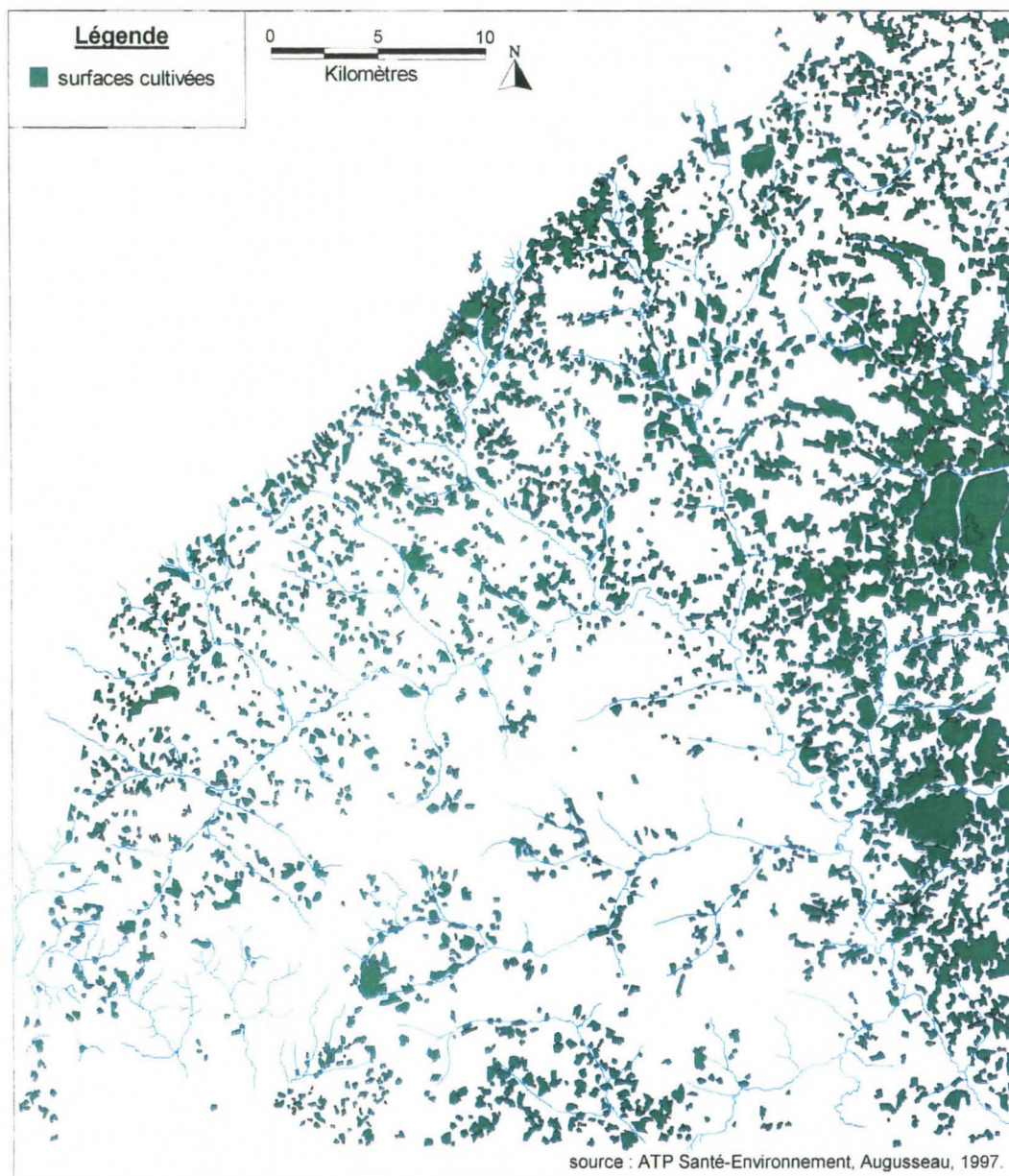


Figure N° 9 Bis: Densités de surfaces cultivées 1996 (analyse texturale )  
(DE WISPELAERE G., 1997)

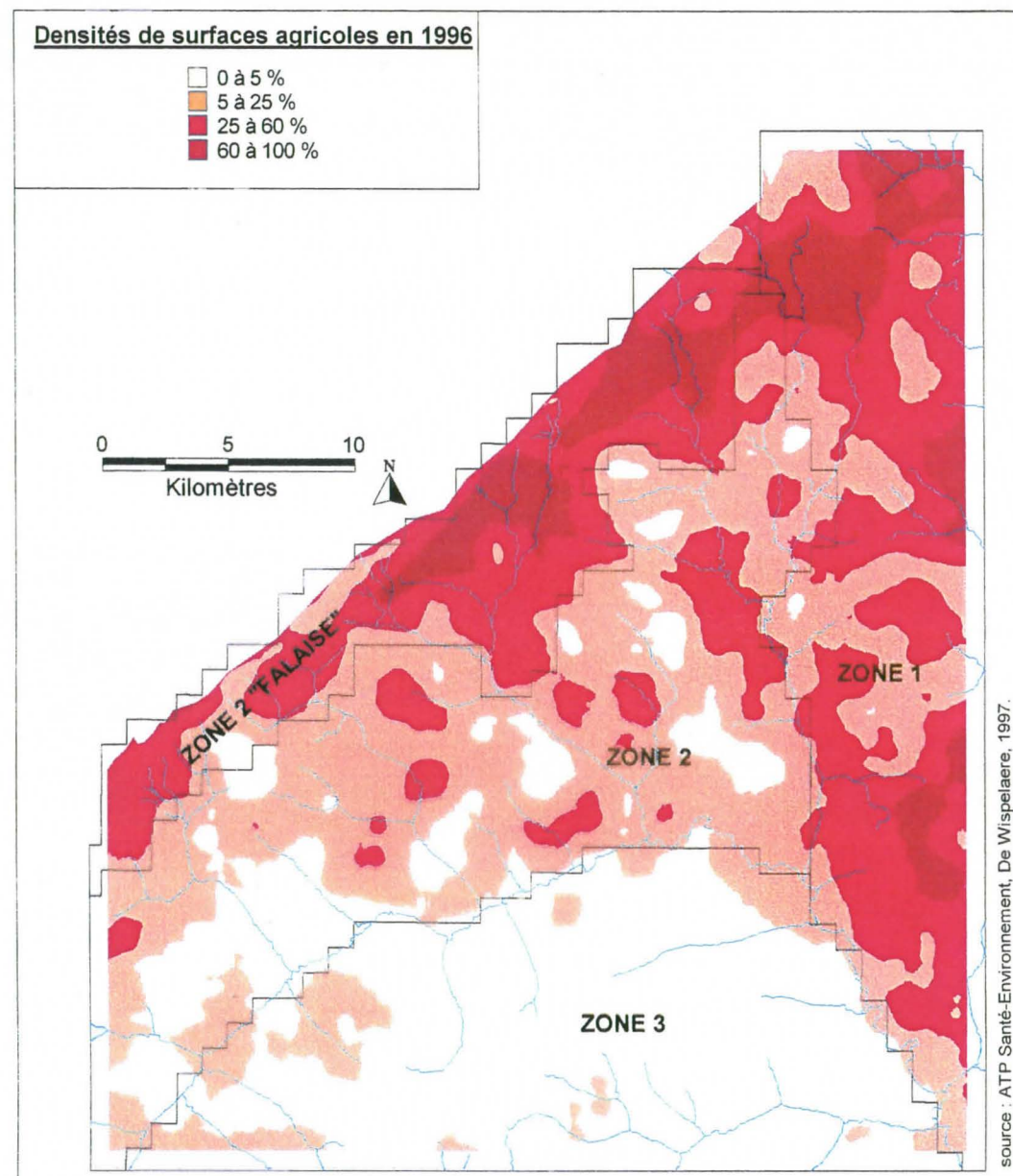
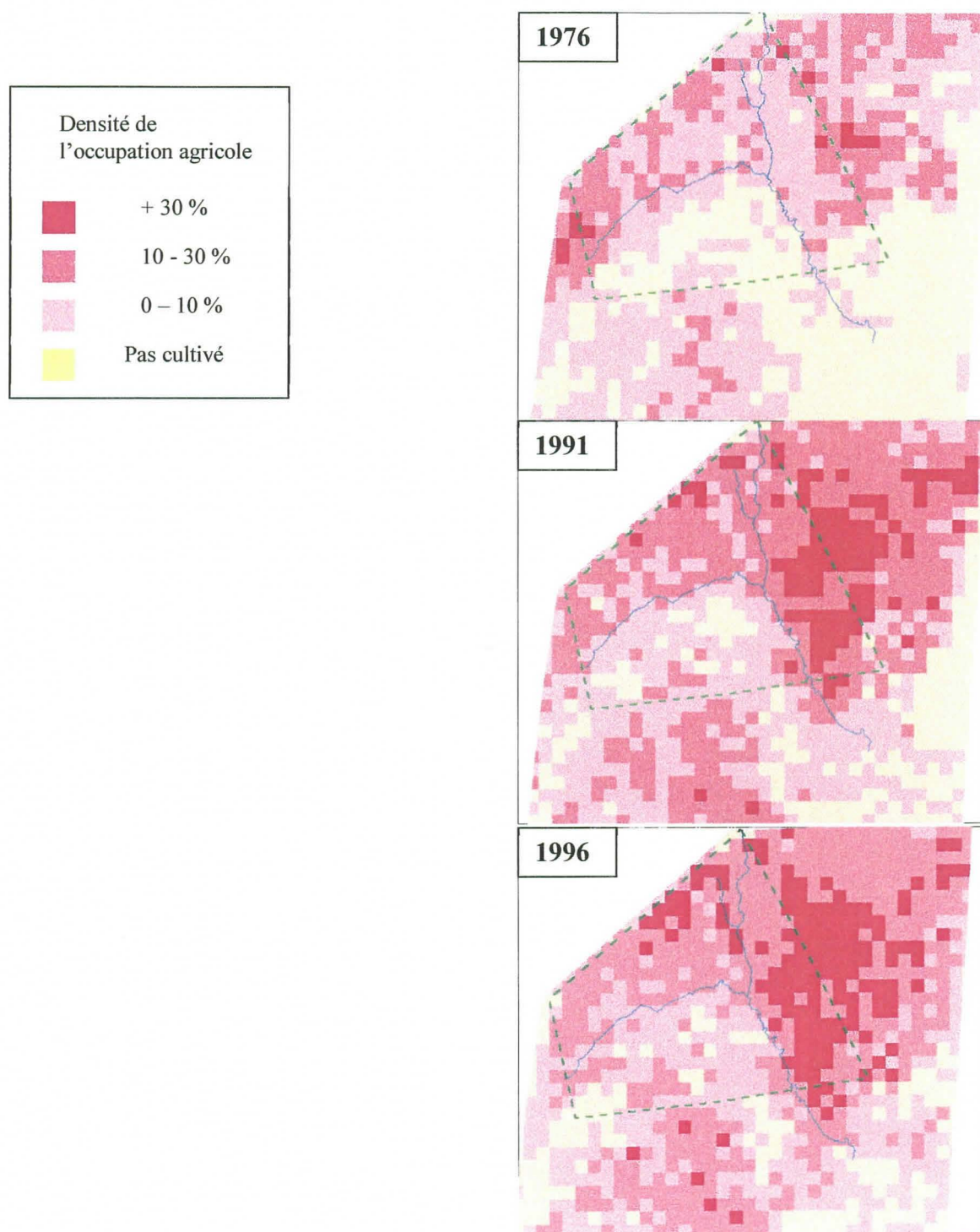




Figure N° 10: Evolution de l'emprise agricole entre 1976 et 1996 dans la région du bassin versant de la rivière Koba (d'après AUGUSSEAU X., 1998).



## UN MILIEU EN PLEINE TRANSFORMATION

La zone de Sidéradougou est très contrastée sur le plan de l'occupation humaine. A des régions qui connaissent de fortes dynamiques d'immigration s'opposent des situations qui n'évoluent pas ou peu.

### *Cartographie de l'occupation du sol*

Les surfaces cultivées que l'on cartographie avec une très bonne précision constitue un indicateur intéressant de la dynamique sociale dont les conséquences sont importantes pour les équilibres du milieu en termes de gestion durable. Il apparaît que les cultures s'accroissent de manière importante dans cette région avec des chiffres compris entre 18 et 25 % d'augmentation des superficies entre 1991 et 1996. (MICHEL V., 1998).

Pour cette cartographie fine des "paysages" (le paysage est une combinaison d'états de surface qui constitue une portion homogène de l'image et se caractérise donc par une combinaison de pixels constituant un motif homogène de base), le logiciel PAPRI (Paysages définis a priori) a permis une segmentation originale de l'image à partir des typologies réalisées par l'homme de terrain BORNE F., DE WISPELAERE G., 1997).

Pour visionner la répartition générale de l'espace agricole en 1996 une analyse paysagère de la région a été effectuée selon une procédure similaire aux paysages de formations riveraines (DE WISPELAERE, 1997; BORNE F., 1997). Les données initiales proviennent d'une extraction du thème cultures de la carte de l'occupation du sol. Les classes ont été là encore définies à dire d'expert en fonction des résultats initiaux de l'équipe INERA-CIRAD (OUEDRAOGO S., MICHEL JF., 1997). La carte des densités de surfaces cultivées est le fruit d'un traitement informatique parfaitement reproductible (Figure N° 9). Elle peut donc à tout moment être comparée à une situation plus récente ou plus ancienne pour des appréciations générales de l'évolution de l'emprise agricole et des ses effets éventuels sur le milieu naturels.

### *La dynamique de l'espace agricole : "les fronts pionniers"*

La partie à l'est de la zone d'étude connaît actuellement une pression humaine très forte. Vieille terre d'influence des ethnies Bobo et Tiefo, elle accueille de nouveaux migrants venant essentiellement du plateau Mossi, selon un "front pionnier" orienté nord-est/sud-ouest. Ces allochtones sont, pour la majorité, des agriculteurs qui trouvent ici des sols propices aux cultures vivrières et cotonnières.

La dynamique de l'espace agricole a été visualisée par l'évolution du parcellaire cultivé, mis en évidence par la photo-interprétation, d'une part de photographies aériennes de 1957, et d'autre part d'image LANDSAT de mars 1976 et SPOT de novembre 1991 et 1996 (AUGUSSEAU X., 1988). Ces interprétations parlent d'elles-mêmes (Figure N° 10). A cette étude a été ajouté un recensement exhaustif par enquête au sol de tous les campements présents (limité cependant aux propriétaires de bovins) (MICHEL JF., MALLET C., 1998).



## Différentes situations de transformation

### ♦ Le Tolé, un cours d'eau dégradé

Le Tolé, est située au milieu de cette zone d'installations nouvelles. Les savanes périphériques ont été défrichées et des cultures ont été mises en place jusque souvent dans le lit même de la rivière (Figure N° 11).

### ♦ L'aval du Koba, un réseau protégé

Plus au sud (villages de Yéguéré, Ouara), alors que l'occupation agricole est également très intense, les galeries forestières denses ont été peu modifiées depuis 1982 (D. Cuisance, comm. pers.). Les cultures restent éloignées de plus de 300 mètres du réseau hydrographiques. Cette "bande de protection" est liée à un profil morphopédologique particulier des bas-fonds de cette zone, avec notamment des "terrasses jaunes", remblais colluvio-alluviaux compacts, défavorables aux activités agricoles (GUILLOBEZ, 1998). Le recensement montre que la population bovine est nombreuse. Le cours d'eau est très fréquenté par les hommes et le bétail car cette portion du Koba est riche en points d'abreuvement très souvent pérennes (MICHEL JF., 1998).

### ♦ Des territoires encore épargnés

- La partie nord-ouest de la zone a peu évolué durant les dernières décennies. Les nouvelles implantations humaines ont été modérées. Néanmoins les territoires situés sous la falaise de Banfora sont depuis longtemps pratiquement saturés en agriculture, car les terres sont fertiles et arrosées par de nombreuses petites sources (GUILLOBEZ S., 1998).

- Au sud, le front pionnier semble bloqué par le Koba, et la partie comprise dans la boucle de la rivière est épargnée. Ceci est à relier, d'une part aux difficultés pour traverser le cours d'eau (peu d'endroits favorables), et d'autre part à des sols gravillonnaires et cuirassés mal drainés. Ce territoire est occupé essentiellement par les pasteurs, et reste la vraie zone pastorale d'accueil.

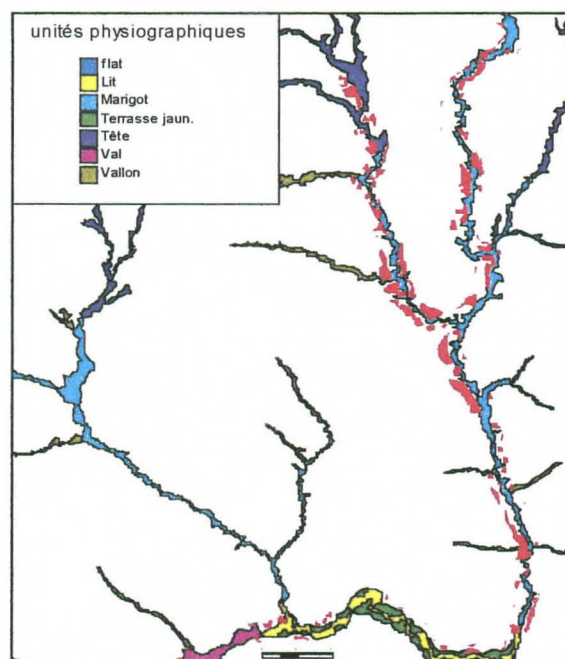


Figure N°11: Cartographie des parcelles agricoles (en rouge) en 1996 au voisinage du réseau hydrographique du Tolé et de ses affluents (Dans AUGUSSEAU X., d'après GUILLOBEZ S., 1998)

## L'IMPACT DES TRANSFORMATIONS DU MILIEU SUR LES DENSITES DE GLOSSINES

### *Des insectes très sensibles aux changements environnementaux*

Les glossines sont des insectes étroitement dépendant des conditions écologiques de leur milieu. Même les faibles variations des facteurs abiotiques (température, humidité) ont un impact sur les dynamiques de population (longévité, durée de stade pupal, durée interlarvaire...), voire de manière plus drastique sur les taux de mortalité. Chaque espèce a ses seuils de tolérance, ce qui se traduit par des biotopes préférentiels dont les caractéristiques ont été décrites précédemment : *Glossina palpalis gambiensis* vit dans les galeries forestières et les forêts reliques qui constituent des écosystèmes isolés de la savane environnante, et où les variations macroclimatiques sont amorties (CHALLIER, 1973).

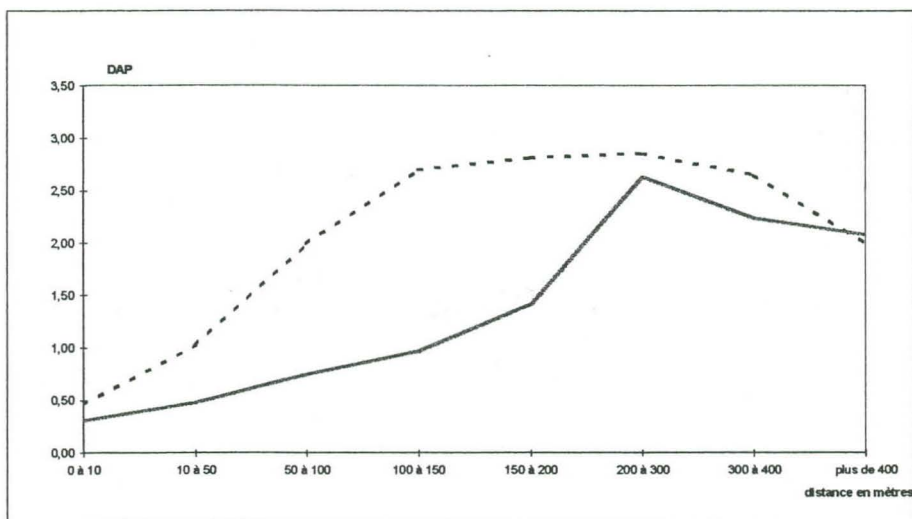
*Glossina tachinoides* a pour habitat les formations végétales le long des cours d'eau souvent secs, du type cordon ou petites galeries forestières ouvertes (GRUVEL, 1974; LAVEISSIERE, 1986).

### *Des densités de glossines plus faibles si les cultures sont proches des cours d'eau*

L'étude de l'évolution des populations de tsé-tsé indique une nette diminution des densités dans les milieux anthropisés. En particulier, il a été observé que les DAP de *G. palpalis gambiensis*, l'espèce la plus sensible, sont faibles voire nulles lorsque des cultures sont présentes à proximité du réseau hydrographique (DE LA ROCQUE, 1997). Ceci laisse penser que l'implantation de parcelles agricoles dans les bas-fonds modifie suffisamment la structure des biotopes pour changer ses paramètres abiotiques et biotiques et donc modifier l'écosystème.

Dans un premier temps, cette hypothèse a été testée par requête dans le SIG, et a permis d'établir les courbes reportées en figure N°12, sur laquelle sont représentés, pour l'ensemble de l'enquête, les résultats entomologiques selon la distance de la culture au cours d'eau. Il apparaît que, pour les deux espèces de glossines, les densités baissent lorsque la distance cultures-galeries s'amenuise. Les densités de *G. palpalis gambiensis* restent peu élevées tant que les parcelles agricoles sont à moins de 200 mètres du cours d'eau, tandis que *G. tachinoides* s'accommode plus facilement d'un milieu transformé (DE LA ROCQUE S., MICHEL V., 1998).

Figure 12: Evolution des DAP de glossines selon la distance culture-galerie (en trait continu : *Glossina palpalis gambiensis* ; en trait pointillé : *Glossina tachinoides*) (DE LA ROCQUE S., MICHEL V., 1998)



Notons que, comme il a été vu précédemment, certains facteurs du milieu peuvent entraver le développement des cultures à proximité du cours d'eau, et donc favoriser le maintien des glossines. C'est notamment le cas sur la branche aval du Koba, où l'extension agricole se heurte à la difficulté du travail de labour sur "les terrasses jaunes" (terres peu fertiles) (GUILLOBEZ S., 1997).

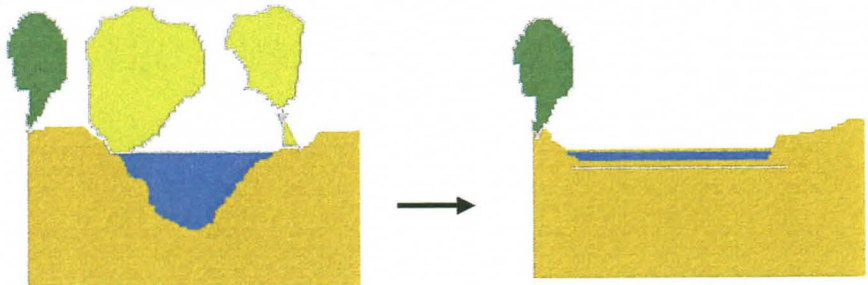
### *Quelques hypothèses concernant l'impact des parcelles cultivées sur les formations ripicoles*

Une étude complémentaire a été réalisée pour essayer de mieux comprendre les mécanismes qui liaient la mise en culture des abords et les transformations des formations ligneuses ripicoles, qui représentent l'habitat de ces glossines (DIALLO *et al.*, 1998). Plusieurs hypothèses ont alors été émises, elles



donnent une importance majeure aux phénomènes d'érosion. Une parcelle cultivée amplifie les ruissellements des eaux de pluies vers le marigot, car les sols dénudés sont peu propices à la percolation. Ce ruissellement est très agressif pour les berges et provoque leur érosion sous forme de coulées de boue. Le phénomène s'accompagne de surcroît du comblement du lit par les particules entraînées. La profondeur de la rivière diminue, l'eau qu'elle contient s'écoule plus rapidement et plus brutalement, amplifiant encore le phénomène d'érosion cette fois-ci de manière centrifuge.

L'agression des berges se traduit par l'effondrement des arbres ripicoles et par l'éclaircissement du couvert végétal. Le cours d'eau s'élargit, jusqu'à venir au contact d'arbres savanicoles, que l'on rencontre alors régulièrement le long des berges.



De plus, les agriculteurs trouvent souvent un intérêt à déboiser volontairement les galeries proches de leur champ, afin de les faire profiter de l'humidité du cours d'eau. Ces trouées dans la galerie forestière ouvre la voie au feux de brousse, qui y pénètrent parfois profondément.

Ces transformations sont souvent localisées, mais contribuent à fragmenter les biotopes naturels des tsé-tsé, et à modifier suffisamment les conditions abiotiques à l'intérieur des galeries pour entraîner des changements dans la répartition des populations de ces insectes sténoèces.

Finalement, retenons que, entre les prospections de 1982 et 1997 :

- dans des milieux qui ont peu évolué, les densités des glossines ont légèrement augmenté. Les populations de *Glossina palpalis gambiensis* semblent spatialement plus agrégées.
- à l'est de la zone, l'agriculture s'est particulièrement développée. Le long du réseau du Tolé, cette occupation agricole s'est accompagnée de la diminution des densités de glossines (particulièrement marquée pour *G. palpalis gambiensis*), alors que le long du Koba, les densités des deux espèces ont sensiblement augmenté.
- la présence de parcelles cultivées à proximité du cours d'eau est défavorable aux glossines, notamment à *G. palpalis gambiensis*, car les caractéristiques écologiques du biotope sont alors modifiées.

Cette étude longue et lourde, qui est ici synthétisée, a donné lieu à une soutenance de thèse (mention très honorable avec félicitations du jury):

DE LA ROCQUE, S. 1997. Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien. Thèse Doct. Sci. Univ. Montpellier II, 213p.

## 4- Glossines et variabilité génétique

Mettant à profit le nombre important de couches d'informations obtenues sur l'habitat des glossines, leur état infectant, leur distribution spatiale (géoréférencement), leurs préférences trophiques, etc., il



apparaissait intéressant d'associer une approche moléculaire de la structuration génétique des vecteurs, démarche qui a été développée chez *G. p. gambiensis* (SOLANO P., 1998).

#### 4.1- Marqueurs moléculaires

Contrairement à d'autres organismes mieux connus, il n'existe pas de banque informatisée de données sur les séquences ADN des glossines. Il a donc fallu, pour chercher des microsatellites, créer une banque génomique partielle, par une méthode classique utilisant un bactériophage M13 et des bactéries *E. coli* XL1. Cette méthodologie a été rendue possible par l'existence d'un élevage de glossines à Montpellier.

Après insertion de l'ADN de glossine dans M13 grâce à des enzymes de restriction, une hybridation a été réalisée à l'aide de séquences microsatellites commerciales. Des (CA/GA)<sub>n</sub> ont été utilisés. En résumé, les clones positifs sont alors séquencés, et des amorces situées de part et d'autre du motif microsatellite sont définies, de manière à ensuite amplifier celui-ci par réaction PCR. C'est la variation du nombre de répétitions de ce motif microsatellite qui déterminera des changements de longueur des fragments d'ADN amplifiés et détectés par migration sur gel.

Après test sur des individus d'insectarium, trois loci microsatellites polymorphes ont été obtenus (Tableau N° 1).

Tableau N° 1: Obtention de trois loci microsatellites chez *G.p. gambiensis*. (SOLANO P, 1998)

Locus	motif microsatellite	Nombre d'allèles	séquence des amorces
Gpg55.3	(GT)14(GC)(GT)4	4	GTACTCAACGTGGTGCTTAAAGTTG GTCTGAGATAGGACCATTTATCG
Gpg19.62	(GT)12	3	GTCTATACGATGTGAACCAGTCG GCATTTAATGTTATACACTGAAGG
Gpg69.22	(TA)10	2	CAAAACTCGACCAAATTGACCG CGATAATGATACGATTAAATCAAACC

Note : le nombre d'allèles est ici mesuré sur un échantillon de 8 individus d'insectarium.

Les deux premiers loci (*Gpg55.3* et *Gpg19.62*) sont situés sur le chromosome X (une bande chez les mâles, XY ; une ou deux bandes chez les femelles, XX). Le troisième locus (*Gpg69.22*) semble situé sur un autosome.

Deux campagnes de capture ont été réalisées sur la rivière Koba dans de la zone de Sidéradougou en vue de cette étude génétique, l'une en 1997, l'autre en 1998.

#### 4.2- Analyses génétiques

D'après la taille des bandes observées (qui représentent les allèles), après application de la technique PCR à chacun des loci microsatellites, on en a déduit le génotype des individus analysés.

Trois logiciels de génétique des populations ont été utilisés de manière complémentaire :

GENEPOP (Raymond & Rousset, 1995) versions 1.2 et 3.1 ; FSTAT (Goudet, 1996) ; GENETIX (Belkhir, Borsa, Goudet, Chiki & Bonhomme, 1996-1998).

Les principaux paramètres mesurés sont :

- l'écart aux proportions attendues en cas d'équilibre de Hardy-Weinberg
- le déséquilibre de liaison entre loci
- les statistiques de Weir & Cockerham : *Fis* (déficit d'hétérozygotes intrapopulation) et *Fst* (différenciation génique entre populations)

Au total, 360 *G. palpalis gambiensis* ont été analysées le long du réseau principal du Koba, entre l'est (village de Yéguéré) et l'ouest (village de Nyarafo et bois "sacré" voisin).



A l'échelle de la zone de Sidéradougou, un premier niveau de structuration apparaît entre les glossines situées à l'est et à l'ouest du réseau (éloignées par une quinzaine de kilomètres), structuration qui persiste lors de chaque année de capture. Le  $F_{st}$  moyen mesuré atteint une valeur de 0,039 et est très hautement significatif ( $p < 0,0001$ ), indiquant une différenciation génétique entre ces populations appartenant au même réseau hydrographique.

Le  $F_{st}$  obtenu équivaldrait, en terme de flux de gènes entre l'ouest et l'est, à un échange de 6,13 individus par génération. Ce chiffre représente le calcul du nombre efficace de migrants :  $N_e * m = (1 - F_{st}) / (4 * F_{st})$ , estimation du flux génique dans un modèle "en îles" entre paires de populations à l'équilibre mutation/dérive (Wright, 1969).

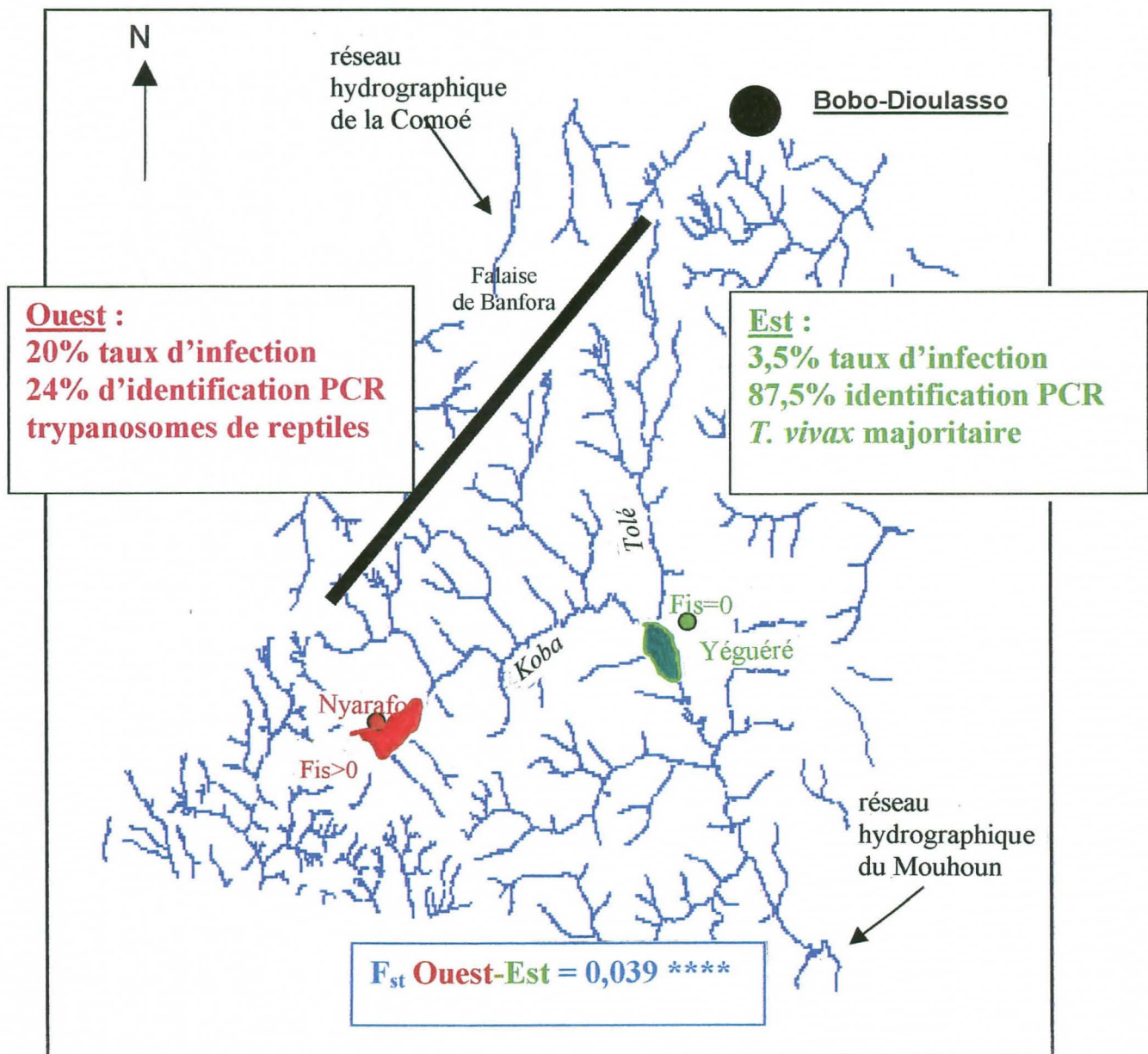
Les résultats épidémiologiques obtenus montrent également des différences entre ces deux parties du réseau hydrographique (Figure N°13).

Une cause possible de la structuration des populations à cette échelle spatiale serait la présence, entre l'ouest et l'est, près de l'embranchement Koba-Tolé, d'un milieu défavorable à *G. palpalis gambiensis* comme l'en attestent des captures très faibles de cette espèce à ce niveau lors de l'enquête exhaustive de 1996, ainsi que la faible quantité de glossines ténérales capturées, indiquant une quasi-absence de gîtes de ponte à cet endroit. La présence de cette « barrière » écologique empêcherait donc un libre échange d'individus entre l'ouest et l'est de la zone.

Mais, en plus de ce premier degré de structuration, des fortes valeurs du  $F_{is}$  (déficit en hétérozygotes) sont observées à l'ouest, notamment près du bois de Nyarafo.

Figure N° 13: Structuration génétique révélée grâce aux marqueurs ADN microsatellites chez *Glossina palpalis gambiensis* sur le réseau hydrographique du Koba (SOLANO P., 1998)

Entre les localités de Nyarafo (en rouge) et de Yéguéré (en vert) les échanges d'individus sont limités comme le montre la valeur hautement significative du  $F_{st}$  (mesure de la différenciation génétique). A cette structuration génétique semble bien se superposer une "structuration épidémiologique" (cf. encadrés). De plus, à Nyarafo, un déficit très important d'hétérozygotes ( $F_{is} > 0$ ;  $P < 0,0001$ ) semble être la conséquence d'un mélange de populations génétiquement distinctes (effet Wahlund).





Alors qu'à l'est, à Yéguéré, la panmixie semble de règle ( $F_{is}$  non différent de 0), dans ce bois, le  $F_{is}$  mesuré dans les captures de chaque année est très significativement supérieur à 0 ( $0,25 < F_{is} < 0,30$ ,  $p < 0,01$ ).

Après avoir testé plusieurs hypothèses techniques et biologiques, nous avons réalisé une analyse factorielle des correspondances sur les génotypes bruts (obtenus aux trois loci microsatellites), des glossines présentes dans le bois. Cette analyse met en évidence deux groupes principaux d'individus (que l'on nommera A et B), qui ne présentent, chacun, aucun déficit en hétérozygotes, et qui sont génétiquement très différents entre eux ( $F_{st} = 0,17$ ,  $p < 0,0001$ ).

L'utilisation du polymorphisme de l'ADN microsatellite a permis de déceler une structuration des populations chez *G. palpalis gambiensis* dans la zone de Sidéradougou. A l'évidence, un nombre supérieur de loci serait appréciable.

C'est, à notre connaissance, la première fois qu'est mise en évidence une subdivision des populations de glossines au niveau intraspécifique, à l'échelle du réseau hydrographique sur quelques kilomètres. Cette subdivision subsiste lors des deux prospections, en 1997 et 1998. A cette structuration génétique, se superpose une « structuration épidémiologique » (cf Figure N° 13), et les différentes populations de vecteurs semblent pouvoir jouer des rôles différents dans l'efficacité de la transmission de la trypanosomose.

En sympatrie, dans le bois de Nyarafo, un mélange de populations est détecté. Parmi plusieurs hypothèses, ce mélange pourrait refléter la jonction, en ce point, de deux populations de *G. palpalis gambiensis* d'origine différente par leur appartenance à des bassins versants distincts. Au niveau de la falaise de Banfora s'établit en effet un contact entre les eaux du bassin de la Comoé, qui coule plein sud vers la Côte d'Ivoire, et celui du Mouhoun (ex-Volta Noire) auquel appartient le réseau du Koba sur lequel s'est déroulée l'étude. Les glossines issues de la Comoé (groupe B) arriveraient donc jusqu'au bois de Nyarafo, trouvant là le même biotope favorable que celles issues du Koba (groupe A).

Les trois loci microsatellites isolés chez *Glossina palpalis gambiensis* représentent un outil prometteur pour l'étude de la variabilité génétique des glossines, car ils amplifient également l'ADN de tous les taxons de glossines appartenant au même sous-genre (*Nemorhina*, ou groupe *palpalis*).

Une structuration génétique des populations de vecteurs a été mise en évidence à l'échelle d'un réseau hydrographique.

La mise en relation de cette nouvelle couche d'informations avec les données recueillies sur l'épidémiologie de la trypanosomose offre un grand intérêt.

Cette étude originale, qui est ici synthétisée, a donné lieu à une soutenance de thèse (mention très honorable avec les félicitations du jury):

SOLANO P. (1998). Implications épidémiologiques de la variabilité génétique des populations naturelles de glossines . Cas de *Glossina palpalis* en Afrique de l'Ouest. Thèse Doct. Sci. Univ. Montpellier II, 205p.

## 5- Le système pathogène

Le système épidémiologique incriminé dans la transmission des trypanosomoses animales tourne autour de la triade hôte-vecteur-parasite. La stratégie du "rendez-vous" (COMBES, 1995) entre les acteurs repose sur les interfaces temporelles et spatiales qui se réalisent, lors de la croisée des circuits. Au delà de la répartition des glossines, inféodées à des biotopes décrits précédemment, les parasites eux-mêmes ont une répartition dans l'espace, comme va le montrer la première partie. Des pratiques comportementales et des contraintes du milieu favorisent ou empêchent le contact entre les hôtes vertébrés et les vecteurs. L'étude du fonctionnement de ces interfaces sera abordée en seconde partie, avant que le dernier chapitre ne dresse un inventaire des systèmes présents dans la zone.



## 5.1-La répartition spatiale des trypanosomes

Sur les 3 604 glossines capturées, 1 802 ont été disséquées, dont 1034 *G. tachinoides* et 768 *G. palpalis gambiensis*. La dissection concerne l'appareil piqueur, le tube digestif et les glandes salivaires, organes de développement des principaux trypanosomes pathogènes de bovins. Après avoir été individualisés, ces organes sont examinés au microscope pour rechercher la présence éventuelle de trypanosomes.

### DES TRYPANOSOMES CHEZ LES GLOSSINES

#### *Les différents cycles dans le vecteur*

Les différentes espèces de trypanosomes<sup>13</sup> n'ont pas le même cycle à l'intérieur de l'insecte, la durée de celui-ci et la localisation des parasites dans le vecteurs sont alors différentes : le cycle de *T. vivax* se limite au proboscis<sup>14</sup> et ne dure en moyenne que 10 jours. Celui de *T. congolense* est plus long (autour de 14 jours) et il comprend une phase de multiplication et de maturation dans l'intestin moyen. Quant à *T. brucei* sp., son cycle dure environ 29 jours et comprend une phase supplémentaire de maturation dans les glandes salivaires.

À l'éclosion, la glossine est exempte de trypanosomes. Elle s'infecte en se nourrissant sur un vertébré porteur, un seul parasite pouvant suffire (MAUDLIN & WELBURN, 1989). Elle reste ensuite infectée et infectante toute sa vie (LADIKPO & SEUREAU, 1983), sitôt que les parasites ont terminé leur maturation.

#### *La diagnose des parasites*

Il est impossible au simple examen microscopique d'identifier morphologiquement les parasites présents dans les organes des glossines. Aussi, est-il tentant de réaliser une diagnose hâtive des trypanosomes selon l'organe où ils se localisent (LLOYD & JONHSON, 1924, BUXTON, 1955, MULLIGAN, 1970)

Tableau N° 2 : Diagnose des trypanosomes selon leur localisation chez la glossine

Pièces buccales	Intestin moyen	Glandes salivaires	Trypanosome suspecté
positif	négatif	négatif	<i>T. vivax</i>
positif	positif	négatif	<i>T. congolense</i> ou <i>T. brucei</i> immature
positif	positif	positif	<i>T. brucei</i>

Selon le stade d'évolution, la présence de trypanosomes dans les différents organes peut être trompeuse (infections immatures). De plus, les glossines peuvent être porteuses d'autres espèces de

<sup>13</sup> Les trypanosomes sont des protozoaires flagellés appartenant à la famille des Trypanosomatidea, genre *Trypanosoma*. Les principales espèces pathogènes pour le bétail se rattachent à trois sous-genres :

- sous-genre *Duttonella* auquel appartient *Trypanosoma vivax*, (Ziemann 1905),
- sous-genre *Nannomonas*, comprenant *T. congolense* (Brodin 1904) pour lequel sont distingués des variants dits "forme savane" et "forme forêt",
- sous-genre *Trypanozoon* avec *T. b. brucei* (Plimmer et Bradford 1899), sous-espèce voisine de celles de la maladie du sommeil humaine (*T. b. gambiense* et *T. b. rhodesiense*)

Ces trois parasites appartiennent à la section des *Salivaria* décrite par Hoare (1972) en raison de leur transmission par les pièces buccales des glossines

<sup>14</sup> Le proboscis correspond à la trompe de l'insecte qui permet l'effraction du tégument de l'hôte. Il comprend le labium et le labre, deux demi-tubes jointifs formant le canal alimentaire au milieu duquel se trouve l'hypopharynx ou canal salivaire.



trypanosomes, non pathogènes pour le bétail. C'est le cas par exemple des trypanosomes des groupes *grayi* et *varani*, parasites de reptiles (crocodile, varan) (HOARE, 1931, DIRIE, 1991, MINTER-GOEDBLOED *et al.*, 1993, D'AMICO, 1993). Ils se localisent dans le tube digestif des mouches et sont transmis par leurs déjections (section Stercoraria). Des trypanosomes d'oiseaux pourraient également se développer dans certains organes de glossines (MOLYNEUX, 1973, CHANDENIER *et al.*, 1990).

### ***Un outil de la biologie moléculaire: la PCR***

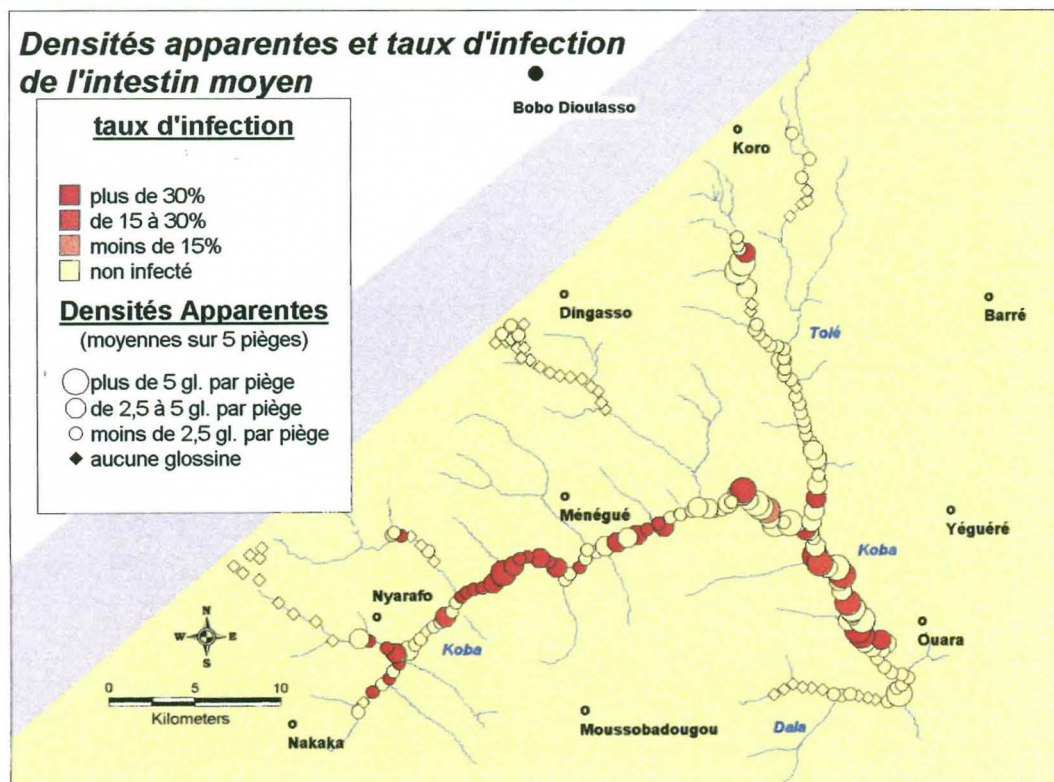
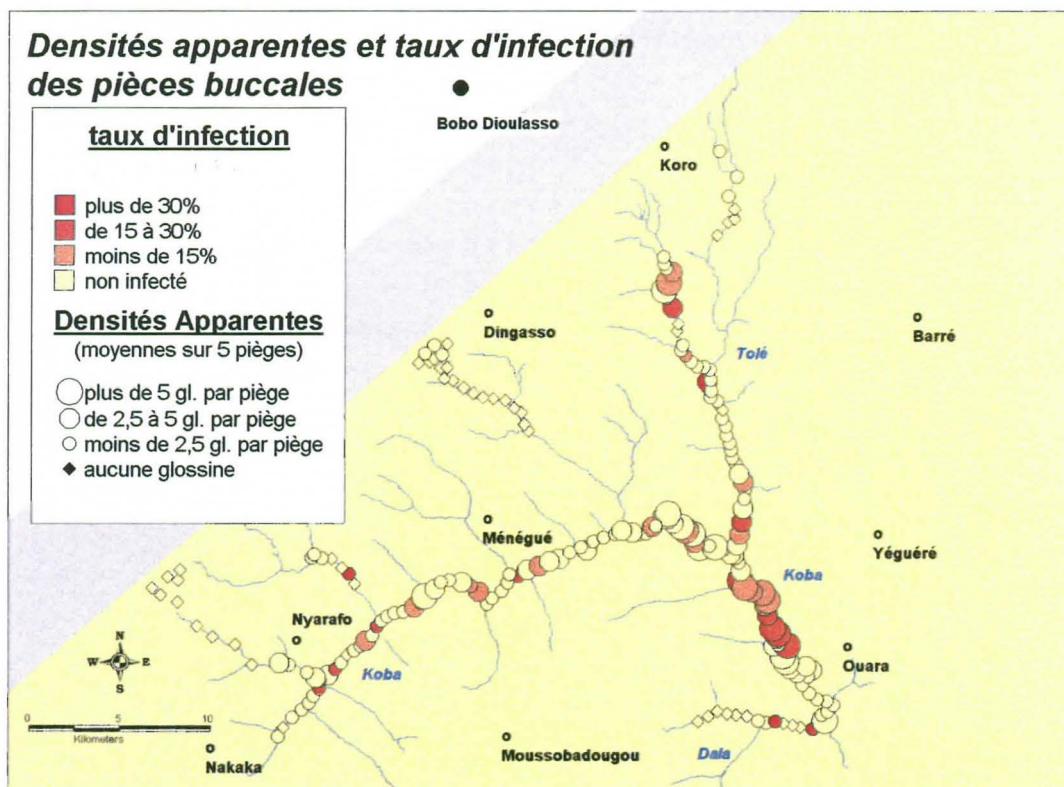
L'identification de certitude des trypanosomes passe par l'utilisation des outils de biologie moléculaire, notamment l'amplification de l'ADN par la technique de la Polymérisation en Chaîne<sup>15</sup> (SOLANO *et al.*, 1996). Cette méthode est reconnue très spécifique et très sensible. Elle permet notamment de mettre en évidence des infections multiples, lorsque plusieurs trypanosomes différents sont présents chez le même individu (MASIGA *et al.*, 1992). Plusieurs sondes sont actuellement disponibles et reconnaissent les trypanosomes présents dans la zone.

Il est possible que des infections observées au microscope ne puissent être identifiées par PCR, notamment lorsqu'elles se localisent dans le tube digestif. Dans la mesure où il est admis que les amorces disponibles reconnaissent les souches locales des différents parasites présents (LEFRANCOIS *et al.*, 1998), ces infections peuvent être attribuées à des trypanosomes de reptiles, réputés non pathogènes pour le bétail qu'aucune amorce ne permet actuellement d'identifier.

---

<sup>15</sup> PCR : le principe de cette technique repose sur l'utilisation "d'amorces" constituées de nucléotides agencés selon une séquence connue et complémentaire de l'ADN parasite. Lorsque l'amorce se trouve en présence de cet ADN, elle s'hybride, et elle entraîne des réactions de polymérisation d'un brin nucléaire complémentaire. Le cycle étant répété plusieurs dizaines de fois, ces brins produits, de poids moléculaire spécifique, peuvent être ensuite révélés.

Figures N° 14 et 15: Densités apparentes (nbre glossines/piège/jour) et taux d'infection des pièces buccales et de l'intestin moyen chez *Glossina tachinoides* (DE LA ROCQUE S., 1997).





## DES VARIATIONS SELON L'ESPECE DE GLOSSINES

### Nature des infections

Si les taux d'infection des deux espèces, obtenus à l'examen microscopique et tous organes confondus, sont comparables (respectivement 14,4 et 12,6%), il faut noter que :

- les infections du tube digestif seul sont plus fréquentes chez *G. palpalis gambiensis* que chez *G. tachinoides* (46 contre 21%),
- à l'inverse, le proboscis seul est plus souvent infecté chez *G. tachinoides* que chez *G. palpalis gambiensis* (69 contre 39%).

Les organes de 298 glossines, trouvés infectés par examen parasitologique direct, ont donné des résultats d'analyse PCR interprétables, reportés dans le tableau N°3. Globalement, le taux d'identification des trypanosomes a été moins élevé chez *G. palpalis gambiensis* que chez *G. tachinoides*. Lorsque les trypanosomes sont localisés uniquement dans l'intestin, les taux d'identifications sont faibles (8,4% pour *G. palpalis gambiensis* et 24,6% pour *G. tachinoides*).

Tableau N°3: Taux d'identification des trypanosomes et résultats (en pourcentage) des analyses par PCR chez *G. tachinoides* et *G. palpalis gambiensis* (LEFRANÇOIS T., 1997).

	Nbre	<i>T.vivax</i>	<i>T.congo.</i> "savane"	<i>T.congo.</i> "forêt"	<i>T. brucei</i>	% identification
<i>G. palpalis gambiensis</i>	121	18,2	8,3	4,1	2,5	28,9
<i>G. tachinoides</i>	177	46,9	20,3	7,9	9,6	63,8
		***	**	°	*	***

Signification : \*\*\*, 0,1% ; \*\*, 1% ; \*, 5% ; ° : non significatif

Pour les deux espèces de glossines, *Trypanosoma vivax* a été le parasite le plus fréquemment reconnu. Des infections mixtes ont été plus souvent observées chez *G. tachinoides* (16,4%) que chez *G. palpalis gambiensis* (4,1%). En particulier *T. congolense* type "forêt" était dans 84,2% des cas associé à un autre trypanosome<sup>16</sup>.

### Les comportements alimentaires des glossines

Comme il a été vu, des parasites de différents hôtes vertébrés peuvent se localiser dans le même organe de la glossine. Aussi est-il particulièrement intéressant de mettre en parallèle les résultats parasitaires des dissections et les préférences trophiques des glossines concernées. Les analyses des repas de sang ont fourni les résultats globaux suivants (Tableau N° 4) .

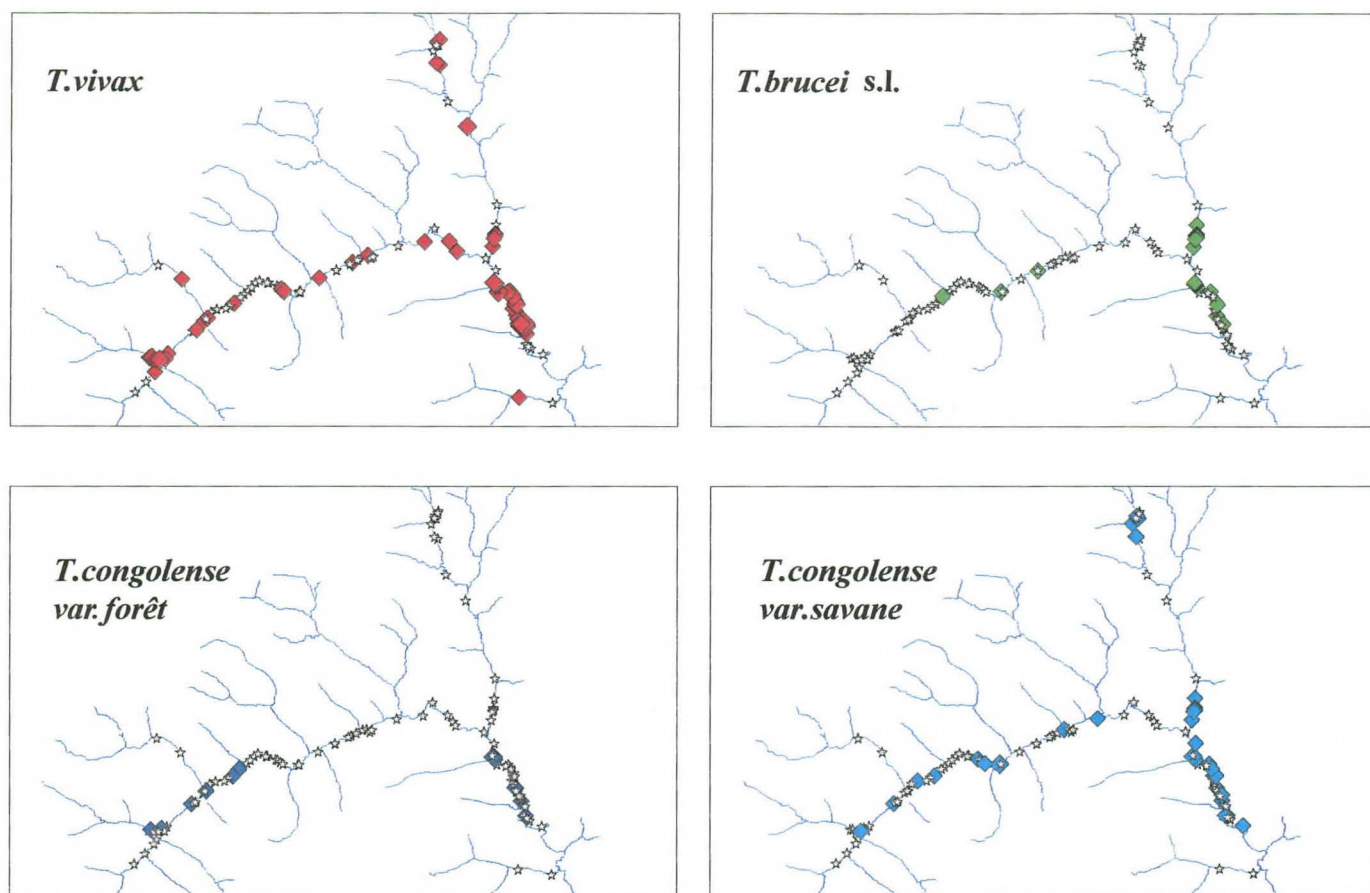
Tableau 4: Résultats des analyses de repas de sang (en pourcentage) réalisées sur 149 échantillons de *G. tachinoides* et 84 de *G. palpalis gambiensis* (KABORE I, 1997).

	Reptiles	Suidés	Ruminants	Hommes	Chiens	Equins
<i>G. tachinoides</i>	15,4	29,5	46,3	3,4	4,1	1,3
<i>G. palpalis gambiensis</i>	34,5	40,5	19	3,6	2,4	0

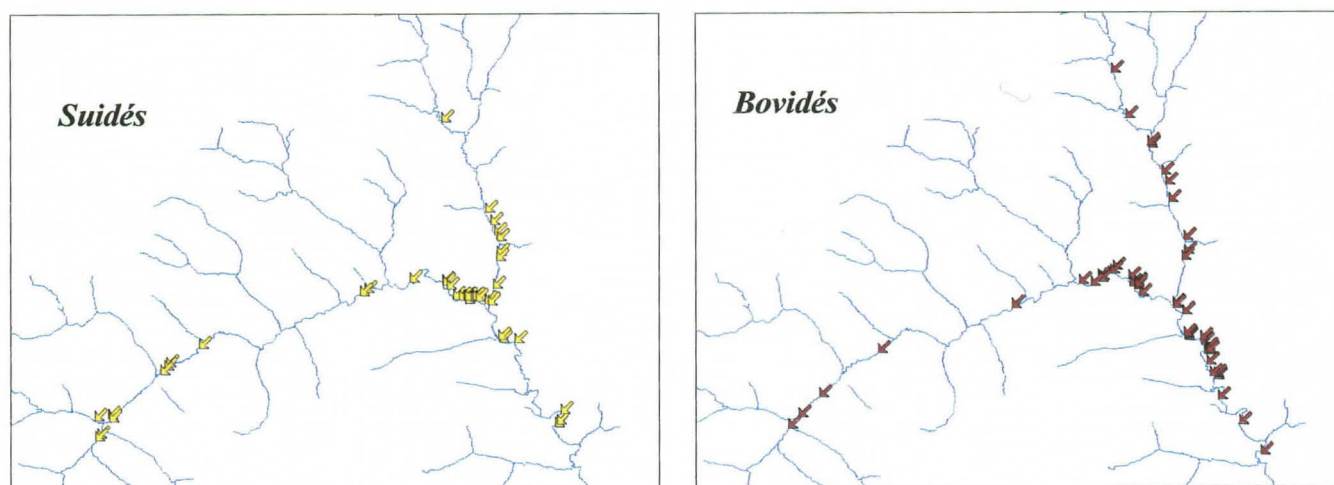
<sup>16</sup> Ces infections multiples expliquent que dans le tableau 2, le pourcentage d'identification total soit inférieur à la somme des résultats par espèce

Figure N° 16

Répartition spatiale des trypanosomes identifiés par la technique PCR chez *Glossina tachinoides* (DE LA ROCQUE S., SOLANO P., LEFRANCOIS T., 1998).



Répartition spatiale de l'origine des repas de sang (hôtes nourriciers) identifiés par la technique Elisa chez *Glossina tachinoides* (KABORE I., DE LA ROCQUE S., 1997).





En résumé, il apparaît que :

- *G. tachinoides* se nourrit plus régulièrement que *G. palpalis gambiensis* sur des ruminants. Ses pièces buccales sont plus souvent infectées, et les 2/3 des trypanosomes rencontrés sont identifiés par PCR.
- *G. palpalis gambiensis* se gorge préférentiellement sur les suidés et les reptiles. Les infections se localisent essentiellement dans le tube digestif et les parasites sont difficilement identifiés par PCR, ce qui laisse supposer que ce sont des trypanosomes de reptiles.

## REPARTITION SPATIALE DES "GLOSSINES DANGEREUSES"

Lorsque ces résultats entomo-parasitologiques sont reportés sur des documents cartographiques, deux zones se distinguent plus particulièrement par leur taux élevé d'infections : d'une part la zone proche des villages de Nyarafo-Ménégué sur la branche amont du Koba (22 kilomètres de long), d'autre part la zone de Yéguéré, sur sa branche en aval de l'embranchement du Tolé (19,5 km)<sup>17</sup>. Au sein de la même espèce, les organes infectés des glossines capturées diffèrent selon le site et les comportements trophiques ne sont pas les mêmes (tableau N°4 et figures N°1 et N°2):

- dans la région de Nyarafo-Ménégué, les infections se localisent essentiellement dans le tube digestif (65%). Le pourcentage d'échantillons non identifiés par PCR y atteint 66%, et l'analyse des repas de sang indique que dans cette zone, 32% des glossines se nourrissent sur des reptiles.

- dans la région de Yéguéré, ce sont essentiellement les pièces buccales qui sont infectées (76%), et la grande majorité des trypanosomes repérés sont identifiés par PCR (84,2%). Les glossines se nourrissent préférentiellement sur les ruminants et les suidés.

Tableau N° 5 : Pourcentages d'infections trypanosomiennes et préférences trophiques selon la zone de capture (*Glossina tachinoides*). (DE LA ROCQUE S., LEFRANCOIS T., SOLANO P., 1997)

	Nyarafo		Yéguéré		S
		n		n	
Infection du tube digestif	65,5	330	20	529	***
Infection du proboscis	22,7		64,2		***
Non identifiés par PCR	66,5	84	15,8	77	***
Repas sur reptiles	29,2		12,9		**
Repas sur suidés	29,7		26,5		°
Repas sur ruminants	13,5		39,7		**
Repas sur autres animaux (primates,...)	37,8		19,3		°

Signification : \*\*\*, 0,1% ; \*\*, 1% ; \*, 5% ; ° : non significatif

Les figures N°14 et 15 montrent les répartitions spatiales des différents trypanosomes identifiés par PCR et des repas de sang identifiés. Il ressort des disparités entre les sites de Nyarafo-Ménégué et Yéguéré, pourtant séparés d'une dizaine de kilomètres au plus. Ces résultats sont synthétisés dans le tableau N°5.

<sup>17</sup> Pour des raisons de représentativité d'échantillon, l'ensemble des résultats cités ultérieurement concernent *G. tachinoides*.



**Tableau N° 6 :** Identifications par PCR des trypanosomes (en pourcentage des échantillons positifs à l'examen microscopique) selon la zone de capture, chez *G. tachinoides* (LEFRANCOIS T., SOLANO P, 1997).

	Nyarafo (n=84)	Yéguéré (n=77)	S
<i>T. vivax</i>	22,6	58,4	***
<i>T. congolense</i> type "savane"	20,6	32,5	**
<i>T. congolense</i> type "forêt"	7,1	10,4	°
<i>T. brucei</i> s.l.	3,6	16,9	**

Signification : \*\*\*, 0,1% ; \*\*, 1% ; \*, 5% ; ° : non significatif. la somme en colonne est supérieure à 100 à cause des infections mixtes

Les glossines de la zone de Yéguéré sont plus fréquemment porteuses de trypanosomes pathogènes que celles de Nyarafo-Ménégué. Ramenés à la population des glossines capturées, (les taux de dissection ont été de respectivement de 51% et 43%) et à la superficie de chacune des zones, ces résultats font apparaître deux situations très différentes:

- ♦ dans la zone de Nyarafo-Ménégué, la densité de glossines porteuses de trypanosomes reconnus pathogènes est de **2,58** individus par kilomètre de réseau hydrographique.
- ♦ dans la zone de Yéguéré, cette densité s'élève à **6,91** individus par kilomètre.

En conclusion, la situation de ces deux zones, pourtant séparées d'une dizaine de kilomètres seulement, se révèle très différente d'un point de vue épidémiologique. Dans l'une, les glossines se nourrissent en grande partie sur les reptiles et les suidés et portent rarement des trypanosomes pathogènes pour le bétail; dans la seconde, les mouches piquent fréquemment les bovins et sont essentiellement infectées par des parasites "dangereux". Ces résultats montrent l'importance de l'analyse spatiale à très fine échelle pour visualiser les processus de transmission et la variabilité des situations épidémiologiques.

## 5.2- Le fonctionnement du système parasitaire : l'importance des interfaces

Dans la description des modalités de transmission, l'hôte vertébré est généralement considéré comme un agent passif, sur lequel la glossine acquiert le parasite et auquel elle le transmet. Cependant lui même développe des stratégies de défense dans le temps et dans l'espace, par exemple en évitant les sites où les glossines abondent et les heures où elles sont actives. L'étude de l'épidémiologie analytique des maladies à vecteurs nécessite la connaissance de l'interface entre les insectes porteurs et les hôtes vertébrés. Cette interface a des composantes temporelles et spatiales. Le suivi de troupeaux sentinelles permet de mieux comprendre la circulation des parasites entre les glossines et le bétail dans des situations contrastées.



## MATERIEL ET METHODES

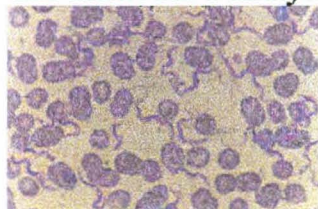
Deux troupeaux sentinelles ont été suivis durant 18 mois. Ces troupeaux se situent dans des villages (Nakaka et Péfrou) qui appartiennent à des propriétaires d'ethnies différentes (DE LA ROCQUE S., BENGALY Z., 1996).

### *Le protocole de suivi*

Chacun des troupeaux a été visité toutes les 5 semaines. Le protocole de suivi choisi s'apparente à celui dit "d'Index Bérénil" (du nom du trypanocide usuellement employé) qui permet de juger de l'incidence trypanosomienne (nombre de nouveaux cas en une période donnée/nombre d'animaux) : lors de la première visite, une prise de sang (veine jugulaire ou veine caudale) est réalisée sur tous les animaux. Le sang est prélevé dans des tubes secs et des tubes héparinés, les premiers servant à réaliser les frottis et à collecter le sérum, les seconds permettant la réalisation des examens parasitologiques immédiats. Suite à ce prélèvement, tous les animaux sont traités à l'acéturate de diminazène (Bérénil<sup>ND</sup>) à une dose double (7mg/kg) de celle préconisée par le fabricant.

Par la suite, à chaque visite, l'ensemble du troupeau est prélevé. Le sang est immédiatement examiné, et seuls les animaux parasitologiquement positifs ou ayant un hématoците inférieure à 25 sont traités avec le même protocole.

### *Les méthodes d'analyses*

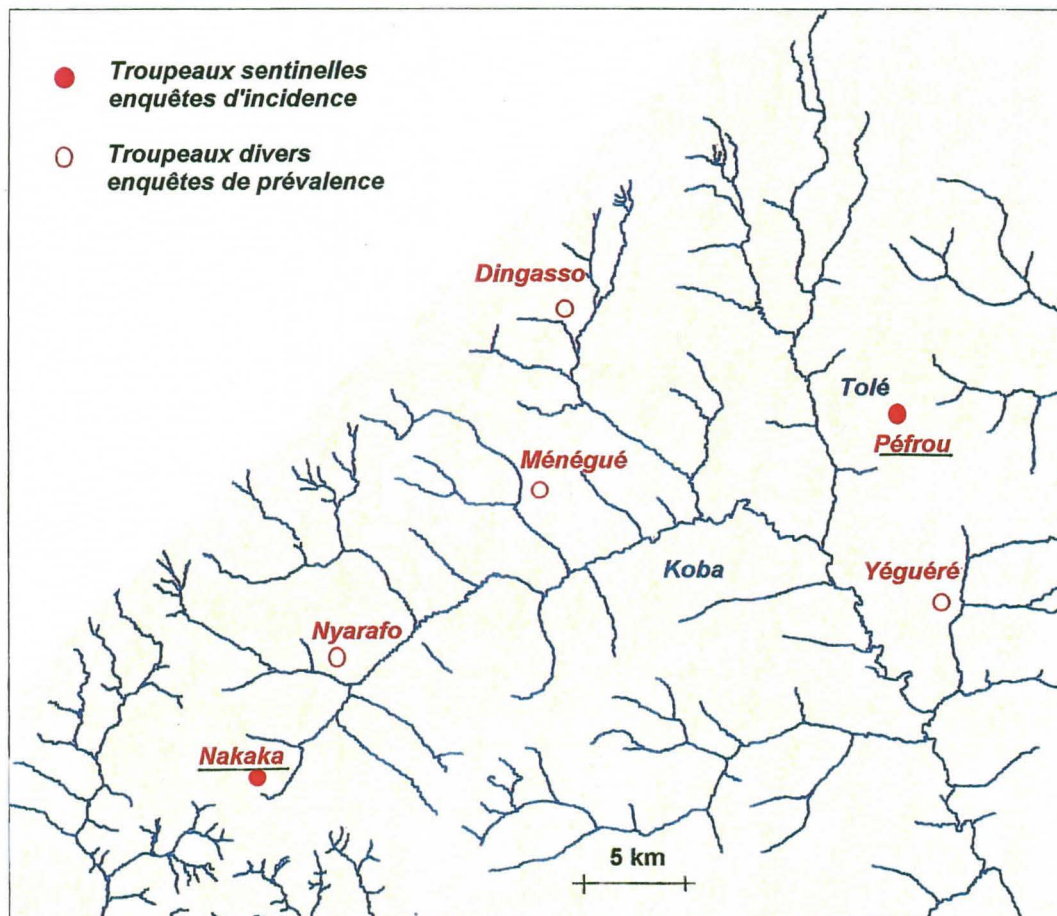


Sitôt le sang prélevé, deux frottis sont réalisés pour être colorés et examinés au laboratoire. Sur place, une centrifugation différentielle en microtubes capillaires de sang permet d'obtenir la phase leucocytaire ou "buffy coat" située à l'interface globules blancs/plasma et où se concentrent les trypanosomes. Après section du microtube et étalement du "buffy coat" entre lame et lamelle, celui-ci est examiné en microscopie à fond noir (MURRAY *et al.*, 1977).

L'observation directe des trypanosomes, leur taille, leur morphologie et leur motilité permettent de réaliser une première diagnose, confirmée ultérieurement à l'examen des frottis (TRONCY *et al.*, 1981).

Cette technique est reconnue sensible pour un diagnostic de terrain et permet d'identifier rapidement les animaux dont les parasitémiés sont de l'ordre de  $10^3$  trypanosomes/ml (CAMUS, 1983, VERY *et al.*, 1990). Cependant celles-ci peuvent être très faibles et échapper à cet examen direct (MACLENNAN, 1971, WHITELAW *et al.*, 1988, DESQUESNES & DE LA ROCQUE, 1995). Aussi, les animaux dont les hématoцитés sont inférieures à 25 sont-ils considérés comme douteux. Les échantillons positifs et douteux sont conditionnés pour la réalisation ultérieure d'analyses par PCR.

Figure N° 17: Localisation des deux troupeaux "sentinelles" (Nakaka et Péfrou)





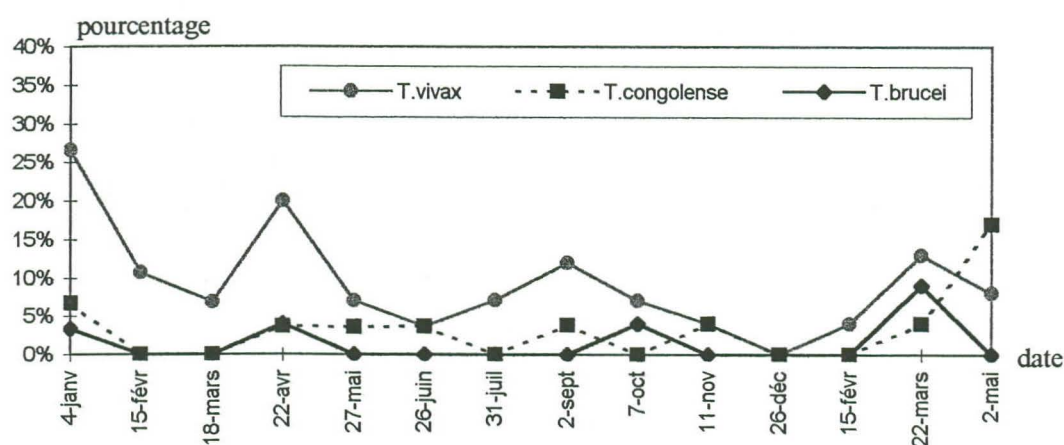
♦ Le site de Nakaka: un contact permanent hôtes-vecteurs

Le campement de Nakaka est occupé par une dizaine de familles d'éleveurs peuls sédentarisés, installées ici depuis plus de 20 ans. Chacune possède entre 15 et 400 animaux et l'effectif bovin total du campement avoisine les 1600 têtes. Les troupeaux de 3 familles ont été sélectionnés, et ont fait l'objet d'un échantillonnage. Au total 55 animaux ont été retenus.

➤ **Une forte pression parasitaire toute l'année**

La figure N°18 présente les variations des infections trypanosomiennes mensuelles observées dans ce groupe durant les 18 mois de suivi.

Figure N° 18 : Pourcentage d'animaux parasitologiquement positifs au cours de l'année dans le troupeau de Nakaka. (DE LA ROCQUE S., BENGALY Z, 1997)



Ces courbes indiquent que malgré les traitements réalisés dès que les parasitémiés sont décelables, les animaux de Nakaka restent infectés toute l'année par les 3 espèces de trypanosomes. Les incidences mensuelles de l'infection à *T. vivax* se situent généralement entre 5 et 10%, avec une transmission moindre en saison sèche froide (décembre-janvier) et maximale en saison sèche chaude (mars-avril). Celles de *T. congolense* sont également réparties sur l'ensemble de l'année, avec des fluctuations comparables à celle de *T. vivax*. En revanche, la transmission de *T. brucei* s.l. semble plus accidentelle. Les animaux sont donc en permanence soumis à une pression de transmission, ce qui montre que le contact entre les vecteurs et les bovins est assurée pratiquement toute l'année.

➤ **Où se réalise le contact ?**

En saison sèche, les bovins vont à la rencontre des glossines :

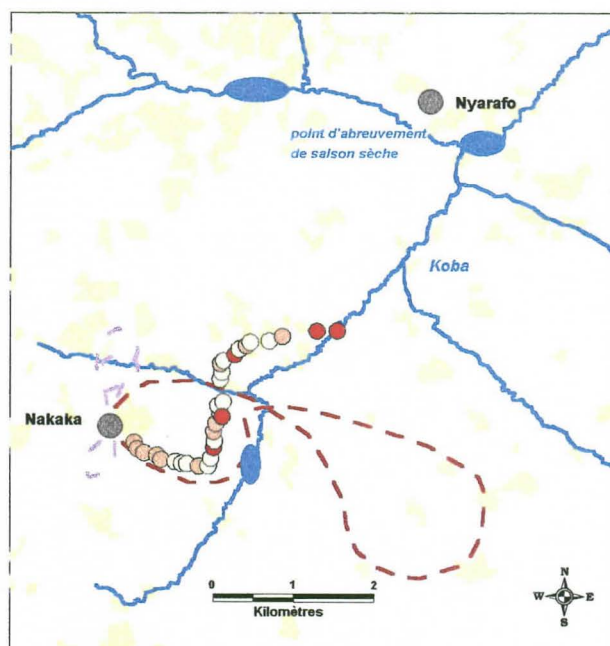
Afin de mieux comprendre comment se réalise le contact entre les bovins et les tsé-tsé, le trajet journalier d'un troupeau a été suivi et géoréférencé (relevé GPS toutes les 15 mn) en fin de saison sèche (GAUTHIER C., 1996). La visualisation de ce parcours figure sur la carte ci-dessous.

Chez les peuls, les animaux sont généralement confiés à un jeune bouvier qui les mènent aux pâturages et aux points d'abreuvement. Chaque soir, ils rentrent au campement. Les animaux sont conduits par troupeaux familiaux au gré de l'inspiration du berger. Les itinéraires semblent irréguliers mais avec cependant un certain nombre d'impératifs.

En fin de saison sèche, les troupeaux parcourent chaque jour de grandes distances à la recherche de pâturages. L'abreuvement est cependant la principale contrainte qui oriente le trajet journalier. Les animaux sont abreuvés deux fois dans la journée, au niveau de points d'eau pérennes très

régulièrement fréquentés. C'est naturellement au niveau de ces points d'abreuvement qu'en saison sèche, les bovins rencontrent les glossines ripicoles.

En saison des pluies, les glossines vont à la rencontre des bovins



Captures durant la saison des pluies  
(*G. tachinoides*)

- plus de 3
- de 1 à 3
- aucune

- parcelles cultivées
- - - parcours début de saison des pluies
- ..... parcours fin de saison des pluies

Au mois de septembre, le problème d'abreuvement est moins crucial, car les pluies ont créé de nombreuses mares temporaires. L'herbe est abondante, l'espace pastoral se libère après les premières récoltes et les animaux pénètrent dans les champs pour profiter des résidus de cultures. Les parcours sont moins vastes et moins centrés autour des points d'eau traditionnels.

Cependant, à cette saison, les glossines ont tendance à se disperser dans les savanes avoisinantes, où les conditions de température et d'humidité leur sont favorables. Afin de mieux cerner ce phénomène, un transect a été tracé du village de Nakaka jusqu'au cours d'eau du Koba, distant de 2,5 kilomètres (carte). Des pièges y ont été posés tous les 100 mètres (GAUTHIER, 1996). Le long de ce transect, *Glossina tachinoides* a été capturée régulièrement au cours de la saison, et jusque dans le village de Nakaka. *Glossina palpalis gambiensis* a également été capturée dans le village, mais plus occasionnellement.

En saison des pluies, ce sont donc les glossines qui se rapprochent des animaux en se dispersant dans les savanes et assurent une transmission sur le site même du village. Interviennent également durant cette saison d'autres insectes hématophages qui jouent le rôle de vecteurs mécaniques.

A Nakaka, village d'éleveurs peuls, la transmission en saison sèche est assurée par un contact étroit et régulier entre les bovins et les glossines au niveau des points d'abreuvement dans la galerie. En saison des pluies, les mouches se dispersent dans les savanes et infectent les animaux au niveau même du village.

#### ◆ Le site de Péfrou : des situations variables selon la localisation du campement de l'éleveur

La zone de Péfrou, localisée aux abords du Tolé, rassemble une quinzaine de petits campements d'agriculteurs Bobo. Ceux-ci possèdent entre 2 et 8 animaux, essentiellement destinés au travail dans les champs au moment des semailles. Certains voient également dans le bétail un placement financier, et possèdent en plus quelques femelles reproductrices.

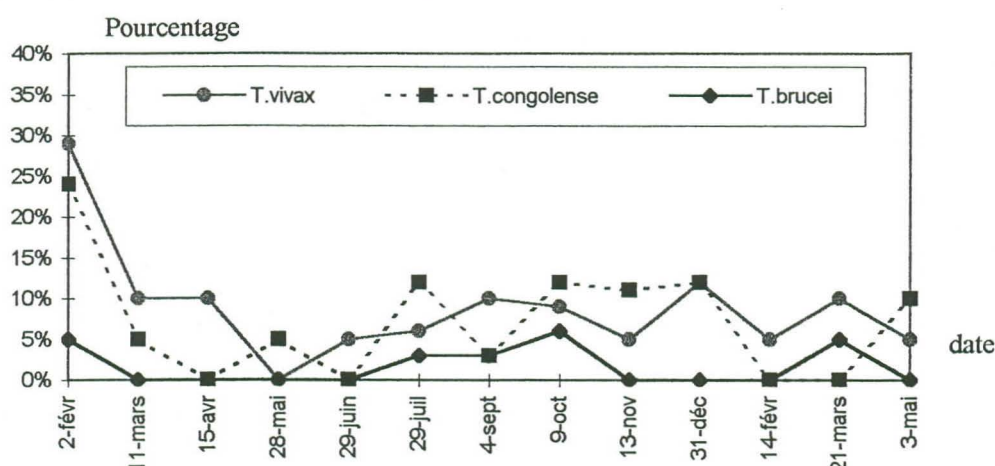


Les animaux, confiés à un enfant de la famille, pâturent en périphérie de la concession ou sur les champs après les récoltes, afin de profiter des résidus de culture et d'assurer une fertilisation organique. Lorsque le campement se situe à proximité du cours d'eau, les animaux vont s'y abreuver. S'il en est trop éloigné, le propriétaire puise l'eau dans le puits familial situé dans le campement. Dans ce site, 77 bovins ont été suivis. Certains de ces animaux appartiennent à des campements situés à proximité du Tolé, d'autres en sont plus éloignés.

#### ➤ Une pression de transmission élevée dans les campements riverains

L'ensemble des campements situés près du Tolé rassemble 34 animaux. Le suivi régulier des parasitémies a permis d'établir la courbe présentée (Figure N° 19).

Figure N° 19 : Pourcentage d'animaux parasitologiquement positifs au cours de l'année chez les éleveurs de Péfrou qui fréquentent la rivière. (DE LA ROCQUE S., BENGALY Z, 1997)

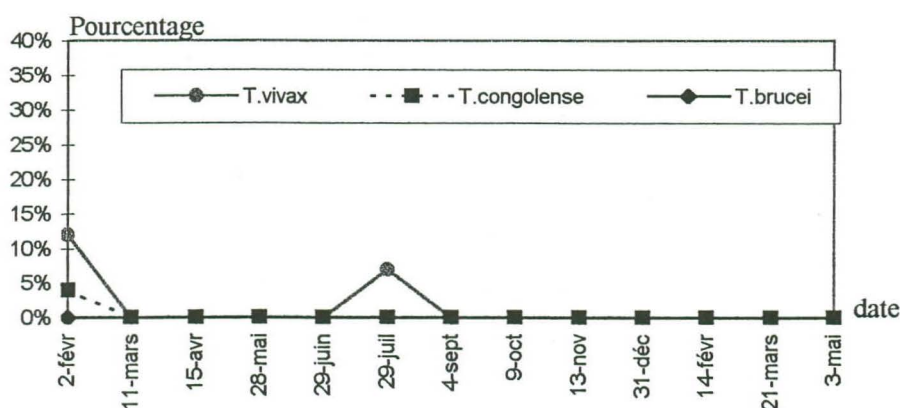


Dans le troupeau, des infections à *T. vivax* et à *T. congolense* sont mises en évidence de manière régulière. Les infections à *T. brucei* s.l. sont également assez fréquentes. Les animaux sont donc en contact avec les glossines toute l'année. Les incidences sont très importantes (10 à 15% dans le cas de *T. congolense*) durant la saison des pluies et la première partie de la saison sèche. La pression parasitaire est plus faible de janvier à juillet, période où les densités de glossines sont minimales.

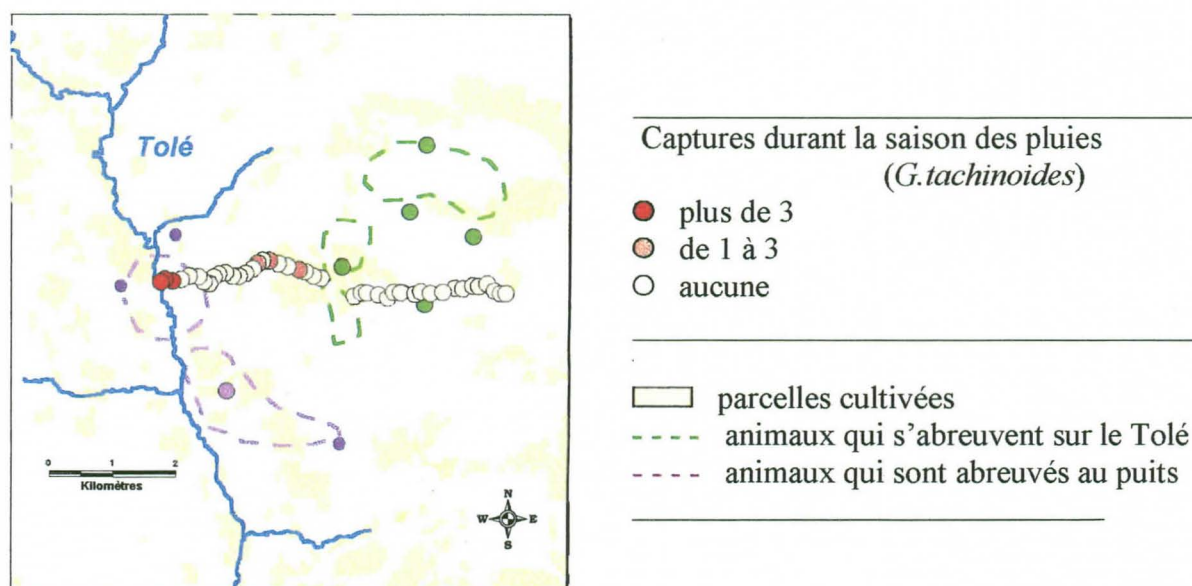
#### ➤ Une incidence faible à l'écart du cours d'eau

Dans le cheptel des campements éloignés du Tolé, les résultats parasitologiques obtenus lors du suivi (43 têtes) montrent que les infections sont très exceptionnelles durant l'année (Figure N° 20).

Figure N° 20: Pourcentage d'animaux parasitologiquement positifs au cours de l'année chez les éleveurs de Péfrou qui ne fréquentent pas le Tolé. (DE LA ROCQUE S., BENGALY Z, 1997)



Cette incidence quasiment nulle des trypanosomoses indique l'absence de contact entre le bétail et les vecteurs cycliques<sup>18</sup>. Afin d'affiner ces résultats, un transect depuis la rivière Tolé jusqu'au village, et se prolongeant également au delà, a été mis en place durant la saison des pluies (carte ci dessous).



Si *G. tachinoides* fut régulièrement présente dans les pièges mis en place au niveau du Tolé, seuls deux spécimens ont été capturés le long du transect durant toute la période d'étude. Ces deux captures correspondaient à des pièges posés dans une zone de végétation dense de bas-fond relié à un des affluents du cours d'eau. Aucune *G. palpalis gambiensis* ne fut observée, que ce soit dans le transect ou sur le Tolé<sup>19</sup>.

L'espace entre le réseau hydrographique et les campements est très densément occupé par les cultures. Ces parcelles agricoles représentent un milieu particulièrement défavorable aux glossines, même en saison des pluies, et leur dispersion est moindre.

Ainsi, les animaux de ces campements ne vont pas fréquenter les biotopes des glossines, et celles-ci n'atteignent pas les campements. Le contact entre les vecteurs et les bovins ne se réalise pas.

A Péfrou, les animaux qui fréquentent le Tolé sont soumis à une pression de transmission toute l'année par les glossines présentes (*G. tachinoides*). A l'opposé, les troupeaux des campements éloignés du cours d'eau ne rentrent pas au contact avec les glossines, qui par ailleurs se dispersent peu dans un espace essentiellement agricole et très défavorable. Ces animaux ne s'infectent qu'exceptionnellement.

### Conclusion

Ces résultats montrent l'importance de la gestion spatiale des troupeaux. Ceux dans lesquels les incidences sont élevées sont régulièrement au contact avec les vecteurs, soit parce qu'ils fréquentent les biotopes favorables, soit parce que les glossines se dispersent dans les savanes et rencontrent les bovins au pâturage. A l'inverse, lorsque le contact ne se fait pas, à cause de milieux défavorables à la dispersion des mouches ou pour des raisons de conduite des troupeaux, la pression parasitaire est faible.

<sup>18</sup> Une infection à *T. vivax* a cependant été mise en évidence lors d'une visite en saison des pluies. La tentation est grande de l'attribuer à une transmission mécanique par d'autres insectes, qui eux sont présents tout le long du transect et autour des campements à cette période (Gauthier, 1996).

<sup>19</sup> Rappelons que *Glossina palpalis gambiensis* a disparu de cet embranchement



La compréhension du système épidémiologique nécessite donc de s'intéresser à des thèmes qui dépassent le contexte bio-écologique classiquement décrit (biotopes favorables, densités de vecteurs...) influencé par le climat. La gestion spatiale des troupeaux, et donc la dynamique des interfaces hôtes-vecteurs-parasites repose en partie sur les motivations des propriétaires. Celles-ci sont à la fois sociales, culturelles et économiques. Pour l'évaluation du risque de transmission, il est alors nécessaire de connaître la répartition des hôtes et de caractériser les systèmes de production, en particulier l'exploitation de l'espace pastoral par les hommes.

### 5.3- Le cheptel bovin : recensement, typologie des systèmes d'élevage

Lors de l'étude du système épidémiologique de la trypanosomose, il est apparu que les pratiques pastorales, en particulier la gestion de la contrainte de l'abreuvement, étaient une des clefs pour comprendre l'importance des interfaces hôtes/vecteurs et caractériser les populations bovines soumise au plus grand risque de transmission parasitaire. Afin de pouvoir passer des observations ponctuelles obtenues au niveau des troupeaux sentinelles à une généralisation à l'échelle de la zone d'étude, des informations concernant le nombre, la répartition dans l'espace et les pratiques d'élevage des bovins sont indispensables.

#### LE RECENSEMENT DES BOVINS

##### *Méthode*

##### ♦ Unité d'enquête

Un recensement exhaustif des bovins présents dans la zone d'étude (enquête transversale) a été réalisé en 1997. L'unité d'enquête choisie a été la «cour», définie comme entité géographique qui regroupe l'ensemble des cases et des dépendances agricoles (greniers, parcs à bétail) occupées par une famille (au sens large, c'est à dire les collatéraux et descendants), et à laquelle est rattaché un certain nombre de bovins<sup>20</sup>.

Après une étude préliminaire en 1996 (DELAFOSSÉ) sur les villages et les campements, les enquêtes se sont déroulées d'avril à août 1997. La saison des pluies correspond à l'époque où les animaux sont rentrés de la transhumance, et correspond donc à la période la plus propice.

##### ♦ Questionnaire

Le questionnaire a été élaboré au cours d'une pré-enquête et aborde différents thèmes :

- **l'identification de la cour**, par sa localisation géographique (coordonnées relevées par GPS), l'identité du chef de famille et les données administratives liées,
- **les données sociales**, notamment l'ethnie, l'ancienneté d'installation, l'organisation familiale, l'activité principale, la permanence des habitants dans la cour durant l'année,
- **la population bovine**, par le nombre total d'animaux, le nombre de bovins de trait, le nombre de bovins confiés au propriétaire de la cour, le nombre de parcs de nuit,
- **la conduite d'élevage** et plus particulièrement les **pratiques de déplacement** (déplacements saisonniers et journaliers), les types génétiques majoritaires (zébus, taurins, métis),

<sup>20</sup> Les cours peuvent se répartir dans l'espace selon deux modalités :

- le **village**, qui est un ensemble de cours regroupées,
- le **campement**, qui est un ensemble de cours éparpillées dans un espace plus ou moins important et qui est dans la zone d'influence d'un village.

Le terme «campement» est traditionnellement attribué aux éleveurs alors que le terme « hameau de culture » est plus souvent attribué aux agriculteurs. Dans cette étude les deux termes sont synonymes.

- la **santé animale** : préoccupations pathologiques des propriétaires de bovins, statut sanitaire des animaux, mortalité, pratiques thérapeutiques.

Lors des enquêtes, une grande attention a été portée à la description des pratiques de déplacement, notamment journaliers. Pour chaque cour a été relevé le **point d'eau fréquenté en fin de saison sèche** (moment de plus grande concentration des glossines et de plus grande fréquentation du bétail).

#### ♦ *Réalisation pratique des enquêtes de terrain et validation*

Seuls les bovins résidant dans la zone ont été pris en compte au cours du recensement<sup>21</sup>. Chaque unité a été visitée individuellement (déplacements en motocyclette) et géoréférencée (GPS). Pour chaque cour, les équipes se sont également rendues au point d'eau de saison sèche signalé par l'éleveur.

Le dénombrement d'un troupeau est un sujet délicat à aborder, notamment chez les éleveurs car il touche au patrimoine. Afin d'optimiser la qualité de l'information, plusieurs précautions ont été prises, en particulier les enquêteurs ont été en permanence accompagnés d'un guide peul connu dans la région et les responsables ou représentants locaux (chef de village, président de groupements villageois) ont été systématiquement contactés et se joignaient à la mission (ou ont désigné un représentant).

A l'issue de l'enquête, un protocole de validation a été réalisé sur un échantillon représentatif de la population recensée (un peu plus de 15%). Lors de cette validation, le comptage des animaux a été effectué visuellement.

### *Principaux résultats*

Au cours des 5 mois d'enquête, **801 cours** ont été recensées, représentant environ **16 500 bovins**. 250 points d'abreuvement ont été relevés. La confrontation des résultats de l'enquête exhaustive et du protocole de validation est donnée dans le tableau N° 7.

Tableau N° 7 : Protocole de validation. (MICHEL JF., 1998)

128 cours ont été soumises au protocole de validation, soit 16 % des cours recensées, représentant 2924 bovins déclarés lors de l'enquête, soit presque 18 %. Le tableau suivant détaille les résultats obtenus.

Nb de bovins	Recensement		Validation				
	Nb de cours	Nb de bovins	Nb de cours	Nb de bovins déclarés	Nb de bovins comptés	Ecart (en nb de bovins)	% de l'écart
< 5 bovins	426	1 122	55	146	161	15	10,3 %
5 à 20 bovins	238	2 111	36	352	346	- 6	1,7 %
> 20 bovins	137	13 343	37	2426	2461	35	1,4 %
Total	801	16 576	128	2924	2968	44	1,5 %

<sup>21</sup> Ceci comprend les bovins transhumants dans et hors de la zone, mais dont le lieu d'origine est situé dans la zone. Les bovins traversant la zone au cours des diverses périodes de transhumance n'ont pas été considérés.



Dans les 128 troupeaux visités, 2 968 bovins ont été comptés pour 2 924 bovins déclarés, soit un écart global de 1,5 %

Le faible écart du nombre de bovins sur tout le protocole de validation s'explique par un bon fonctionnement des entretiens lors de l'enquête de recensement, une bonne mise en confiance des propriétaires de bovins par les différents médiateurs qui ont participé à l'opération.

L'effectif moyen est de 21 bovins par cour, mais de très importantes variations apparaissent (médiane égale à 4). De gros éleveurs (plus de 80 % des bovins sont détenus par 17 % des propriétaires) contrastent avec un grand nombre de petits propriétaires (75 % des propriétaires ont un effectif inférieur à 11 têtes). La population des bœufs de trait est mieux répartie, leur nombre varie peu entre les unités (moyenne de 3,2, écart type de 1,9, médiane à 3). L'ensemble de ces résultats est détaillé dans le tableau 1.

Tableau N° 8 : Répartition des bovins et des propriétaires dans la population recensée (les pourcentages correspondant sont entre parenthèses). (MICHEL JF., OUEDRAOGO S., 1997)

Classes	Nbre de cours	Bovins recensés	Bovins de trait	Bv de trait / Bv recensés
< 5 bovins	426 (53,2)	1 122 (6,8)	1 052 (40,9)	93,8 %
5 à 20 bovins	238 (29,7)	2 111 (12,7)	1 091 (42,5)	51,7 %
> 20 bovins	137 (17,1)	13 343 (80,5)	426 (16,6)	3,2 %
TOTAL	801	16 576	2 569	15,5 %

Plusieurs ethnies sont représentées dans la zone :

- les vieilles ethnies locales d'agriculteurs : Bobos, Tiéfos, Karaboro, Toussian, Dafing, ...
- les migrants Mossi qui arrivent du plateau de l'Est et se sont installés récemment dans la zone. La plupart d'entre eux pratiquent activement la culture de rente (coton),
- les éleveurs traditionnels Peuls, présents pour certains depuis longtemps dans la zone et en voie de sédentarisation.

La répartition des effectifs bovins décrit bien les activités de chaque groupe ethnique : par exemple les Peuls détiennent 71 % des bovins mais seulement 9 % des bœufs de trait (tableau 2).

Tableau N° 9 : Groupes ethniques et répartition des bovins. (OUEDRAOGO S., MICHEL V., 1997)

Groupes ethniques	Nombre de cours	Bovins recensés	Bovins de trait	N Bv de trait / Bv recensés
Bobos et autres	506 (63,1 %)	3 129 (19 %)	1 679 (65,3%)	2 %
Mossi	184 (23 %)	1 670 (10 %)	652 (25,4%)	39 %
Peuls	111 (13,9%)	11 777 (71 %)	238 (9,3 %)	53,7 %
TOTAL	801	16 576	2 569	15,5 %

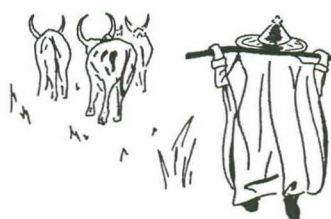
## LA CARACTERISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Ces premiers résultats ont permis d'entrevoir certaines relations entre les variables relevées (effectif, ethnie, activité ...). Il ressort que différents systèmes de production cohabitent dans cette zone. Pour les caractériser, une typologie de ces systèmes a été effectuée par analyse multivariée sur un groupe de variables choisies<sup>22</sup>. (OUEDRAOGO S., MICHEL V., 1997)

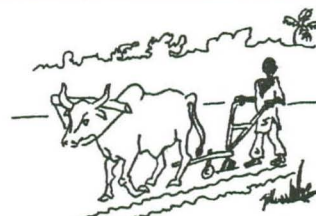
### *Les grands systèmes de production*

Trois types de systèmes de production ont été déterminés. Leur caractéristiques détaillées sont présentées dans le tableau N° 12.

**Type 1 :** il correspond aux éleveurs Peuls, qui possèdent plus de 20 bovins (105 en moyenne), les abreuvent à plusieurs points d'eau (le plus souvent des mares permanentes ou des puisards) situés à plus de 4 km de leur cours et pratiquent la transhumance en saison sèche. Ils sont présents dans la zone depuis parfois plusieurs dizaines d'années, et possèdent un nombre assez variable de bœufs de trait.



**Type 2 :** il est composé essentiellement d'agriculteurs Mossi arrivés depuis peu dans la zone (52 % d'entre eux sont là depuis moins de 10 ans). Ils possèdent en général moins de 20 bovins et en moyenne 3,5 bœufs de trait. Une dizaine d'ha sont cultivés, dont le tiers à la moitié pour la production de coton. L'abreuvement des animaux est assuré au niveau d'un point d'eau régulier (mare, puisard ou puits) situés à moins de 4 km de leur cour. Ils ne transhument pas.



**Type 3 :** ce type est numériquement majoritaire et correspond aux agriculteurs d'ethnies locales (Bobo, Tiéfo, Toussian, Karaboro, Dafing, Dioula ...), présents dans toute la zone depuis longtemps. Leur superficie moyenne cultivée atteint 10 ha. Ils possèdent le plus souvent moins de 5 bovins (1 ou 2 paires de bœufs de trait), qu'ils abreuvent à une mare ou un puits proches de leur cour.



<sup>22</sup> Les variables analysées se regroupent en deux catégories :

- ◆ *les variables actives* qui interviennent directement dans le calcul et permettent de structurer la population étudiée. Ce sont les suivantes : ethnie du propriétaire des bovins - nombre de bovins présents dans la cour - type de point d'eau fréquenté en fin de saison sèche - distance entre la cour et ce point d'eau.
- ◆ *les variables illustratives* qui n'interviennent pas directement dans le calcul mais sont mises en relation avec les résultats de l'analyse effectuée sur les variables actives : activité principale du propriétaire des bovins - ancienneté d'installation dans la cour - nombre de bovins de trait - déplacements saisonniers - nombre de points d'eau fréquentés en fin de saison sèche.

L'analyse multivariée associe une analyse factorielle (analyse des correspondances multiples) et une classification (ascendante hiérarchique).



## *Identification de sous-populations*

Les résultats issus de cette typologie sont simples et facilement identifiables. Mais un certain nombre de paramètres (forts effectifs, similarités de modalités entre les types...) laissent penser que ces types pourraient être constitués de sous-populations distinctes, en particulier pour les deux premiers<sup>23</sup>. Une analyse complémentaire, à l'intérieur de ces classes, a donc été effectuée selon la même démarche.

♦ La classe des éleveurs Peuls (type 1) se divise alors en deux sous populations :

- Celle des **éleveurs sédentarisés** (présents depuis plus de 25 ans) situés au pied des falaises (n=45). Ils font abreuver leurs bovins au niveau des sources (moins de 4 kilomètres), où l'eau est permanente. Ils ne transhument pas en saison sèche. Ces éleveurs possèdent des bœufs de trait, et ont une petite activité agricole (3,5 ha de cultures vivrières en moyenne).
- Celle des **éleveurs Peuls nouvellement arrivés** (n = 71). Ils sont en général présents depuis moins de 10 ans et se localisent essentiellement dans les zones pastorales du sud. Ils possèdent de grands troupeaux qui s'abreuvent à des mares ou des puisards situés à plus de 4 kilomètres de leur cour. Ces éleveurs transhument hors de la zone en saison sèche et ne possèdent pas de bœufs de trait. En fait, ils sont encore dans une situation instable et se cantonnent aux zones où l'espace pastoral est libre, et sont sujets aux conflits avec les agriculteurs.

♦ Les agriculteurs migrants (type 2) peuvent se scinder également en deux classes :

- **Les plus récemment arrivés** (n = 93), présents depuis moins de 10 ans dans la zone. Ils possèdent moins de 5 têtes de bétail (des bœufs de trait) qu'ils abreuvent au puits proche de leur cour.
- **Les allochtones plus anciens** (n = 87) qui sont dans la zone depuis 10 à 25 ans. Ils possèdent entre 5 et 20 bovins, dont au moins deux paires de bœufs de trait. Ces animaux sont généralement abreuvés à une mare des environs, située à moins de 4 kilomètres.

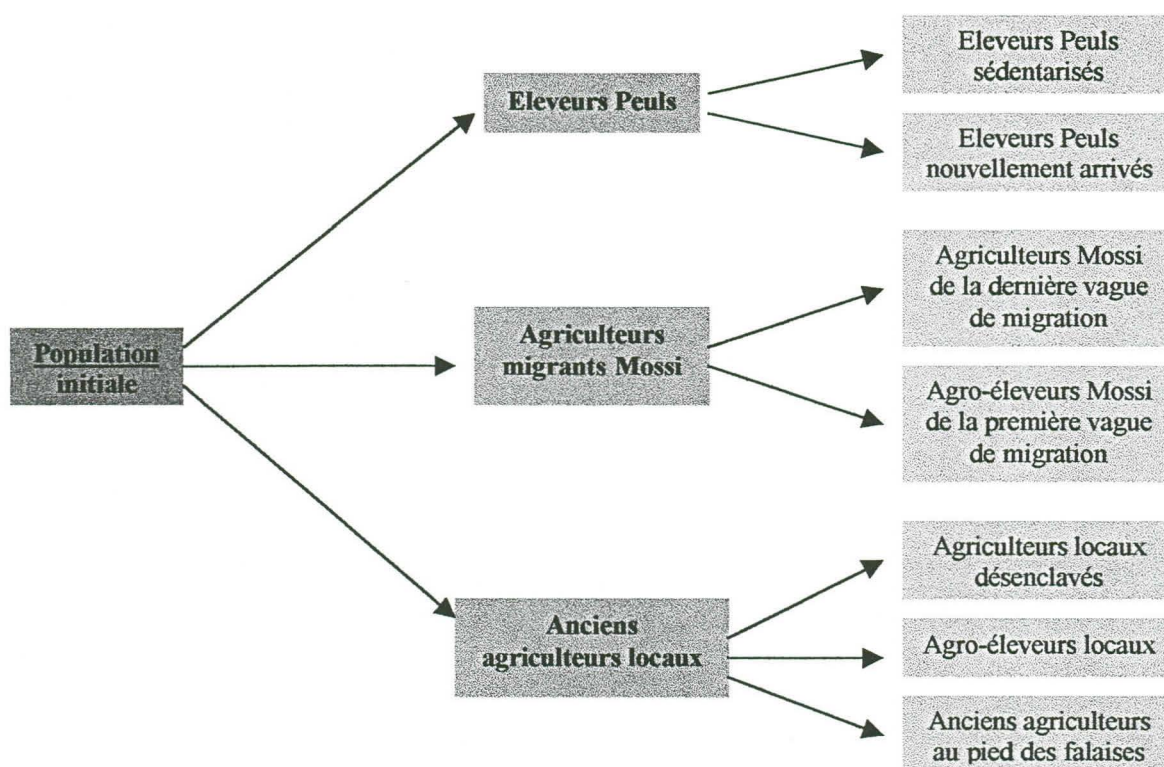
♦ Les agriculteurs autochtones (type 3) sont assez homogènes.

Cette distinction permet de mieux cerner l'historique de l'implantation de ces agriculteurs migrants et la façon dont ils intègrent l'élevage dans l'agriculture. En effet, les allochtones anciens sont issus de la première vague de migration des agriculteurs Mossi dans la zone (dans les années suivant la sécheresse de 1973), ils ont thésaurisé leurs revenus agricoles, tirés de la culture lucrative du coton, dans l'élevage. La classe des migrants récents correspond à la dernière vague de migration, et ces agriculteurs ne possèdent pour le moment que des bovins de labour.

<sup>23</sup> Bien que le plus important en terme d'effectifs (n=505), le type 3 est celui qui apparaît le plus homogène. 3 sous-populations peuvent néanmoins être reconnues :

- les agriculteurs très anciennement installés sous la falaise,
- ceux des savanes encore peu cultivées (terroirs traditionnels),
- ceux localisés dans la zone de front pionnier, très influencés par la proximité des axes de communications et des gros villages.

Figure N° 21 : Typologie des producteurs dans la zone de Sidéradou (OUEDRAOGO S., MICHEL J.F., 1997)



## LOCALISATION DU CHEPTEL ET STRATEGIES D'UTILISATION DE L'ESPACE

### *Répartition dans l'espace*

Le relevé de la position géographique de chaque cour (par GPS) a permis de cartographier toutes les informations disponibles.

#### ♦ *Répartition des bovins et types de peuplements*

La figure N° 21 reporte pour chaque cour l'ethnie du propriétaire et l'effectif de bovins. Il ressort que :

- la densité des cours n'est pas uniforme dans toute la zone,
- les migrants Mossi se localisent essentiellement dans la partie est de la zone, alors que les autres ethnies, présentes depuis plus longtemps, se répartissent dans toute la zone,
- les gros effectifs bovins sont détenus par des Peuls,
- les Mossi semblent posséder plus d'animaux que les agriculteurs autochtones.

Les différences d'occupation du sol permettent de distinguer trois grandes unités agro-écologiques, délimitées grossièrement par les lits principaux de la rivière Koba et de son principal affluent, le Tolé :

- **l'unité 1, à l'est,** est la zone d'accueil des migrants Mossi. C'est une zone de front pionnier actif avec une forte intégration agriculture-élevage, elle est bien desservie par les voies de communication.



➤ **L'unité 2**, à l'ouest, correspond à une zone d'occupation ancienne par les agriculteurs locaux (Bobos et Tiéfos) ainsi que des éleveurs Peuls installés depuis longtemps. L'aquifère constitué par la falaise permet la culture et l'élevage sédentaire. L'occupation du sol est moins dense que dans l'unité 1, sauf au nord au pied de la falaise.

➤ **L'unité 3**, au sud est, a une vocation pastorale et accueille de grands élevages Peuls. Ceux-ci sont sédentaires ou pratiquent (totalement ou partiellement) la transhumance. Les zones cultivées sont réduites à quelques îlots occupés par les agriculteurs locaux.

#### ♦ *Densités et charges*

Le tableau suivant reporte les superficies des différentes unités agro-écologiques, les densités et les charges de bovins :

Tableau N° 10 : Superficies, densités et charges en bovins dans les différentes unités. (MICHEL J.F, 1998)

	Nbre (et %) de cours	Nbre (et %) de bovins	Superficie (hectares)	Densité (Bv / Km <sup>2</sup> )	Charge (ha / Bv)
Unité 1	333 (41,7%)	4 318 (26,1%)	231,3	19	5
Unité 2	374 (46,7%)	7 510 (45,3%)	607,4	12	8
Unité 3	94 (11,6%)	4 748 (28,6%)	469,7	10	10
Zone totale	801	16 576	1 308,4	13	8

Ces valeurs sont à première vue peu élevées, mais les différences entre les unités sont importantes (du simple au double). La zone du front pionnier à l'est (unité 1) est la plus densément peuplée; c'est également celle qui supporte la plus grande densité de bovins. Ce résultat est à mettre au compte de l'importance des cultures de rente, qui expliquent le recours à la traction animale et la thésaurisation dans l'élevage.

### *La conduite des troupeaux*

#### ♦ *Les déplacements saisonniers*

D'après les déclarations des propriétaires de bovins, 108 (soit 13,5 %) d'entre eux se déplacent en saison sèche (de novembre à mai) à la recherche de pâturages et de points d'abreuvement. Les déplacements se font :

- à l'intérieur de la zone d'étude : c'est une **petite transhumance**, pratiquée essentiellement par des agriculteurs Bobos et Mossi, et elle concerne des effectifs réduits de bovins (moyenne = 17,4, médiane = 4),
- hors de la zone d'étude : c'est la **moyenne ou grande transhumance**, pratiquée essentiellement par des éleveurs peuls. Elle concerne des gros troupeaux de bovins (moyenne = 133,7 et médiane = 90 bovins). Les éleveurs conservent en général un troupeau de femelles suitées (de 20 à 50 têtes) pour exploiter le lait et élever les veaux. Cette grande transhumance qui concerne presque 7 000 bovins dans la zone a un impact important sur le nombre de têtes présentes en fin de saison sèche.

### ♦ Déplacements journaliers en fin de saison sèche

Pendant la saison sèche, les **parcours des animaux sont déterminés par la contrainte de l'abreuvement**. Juste avant les pluies, les seuls points d'eau disponibles en brousse sont les mares permanentes ou les puisards creusés dans le lit du réseau hydrographique. En parallèle, les puits ou forages sont également utilisés, notamment dans les zones à forte occupation agricole, si l'effectif du troupeau n'est pas trop important. Les déplacements pour accéder à ces sites d'abreuvement sont d'importance variable :

- 91 % des propriétaires de bovins ont un point d'abreuvement à moins de 4 kilomètres de leur cour. Ces éleveurs possèdent un nombre de bovins assez réduit (moyenne = 12,1; écart type = 28,4 et médiane = 4 bovins).
- Le reste des éleveurs (9 %) abreuvent leurs animaux à plus de 4 kilomètres de leur cour. Ils ont en général un troupeau plus important (moyenne = 106,6 animaux; écart type = 136 et médiane = 56).

### **Cartographie des points d'eau**

La figure N° 22 montre les points d'eau fréquentés en fin de saison sèche par les bovins. Ils ont été rassemblés en trois catégories, et leur fréquentation est détaillée dans le tableau N° 11<sup>24</sup> :

- ♦ les mares permanentes et puisards sont situés sur le réseau hydrographique ou dans les bas fonds. L'eau est pérenne dans les mares. Les puisards sont creusés, l'eau y affleure (un treillis d'épineux posé empêche les bovins de les piétiner) ou reste au fond (exhaure manuelle). Il sont fréquentés par le plus grand nombre d'animaux et de troupeaux, et essentiellement par des troupeaux de taille moyenne et importante.
- ♦ les puits ou forages sont individuels ou collectifs. L'exhaure est manuelle pour les puits, une pompe est associée aux forages. Le quart de la population de bovin de la zone s'abreuve au niveau des puits et des forages; ce sont en général des troupeaux de petite taille.
- ♦ les sources sont situées au pieds de la falaise de Banfora, l'eau y est permanente. Elles sont fréquentées par des gros troupeaux, appartenant aux éleveurs Peuls sédentarisés aux alentours.

**Tableau N° 11 : Répartition et fréquentation des points d'eau (MICHEL JF, OUEDRAOGO S., 1998)**

Type de point d'eau	Nb (et %) de points d'eau	Nb (et %) de cours	Nb (et %) de bovins	Moyenne (Nb bv/pt d'eau)	Médiane (Nb bv/pt d'eau)
Mare ou puisard	94 (38%)	435 (48%)	15 022 (64%)	160	21
Puits ou forage	137 (54%)	348 (38%)	5 751 (24%)	42	5
Source	19 (8%)	125 (14%)	2 901 (12%)	152	62
Total	250	908	23 674	95	8

### **Conclusion**

Ce recensement terrestre exhaustif et géoréférencé de la population bovine dans la zone d'étude a permis d'obtenir un certain nombre d'informations concernant les effectifs de bovins, les facteurs

<sup>24</sup> Les nombres totaux de cours et de bovins supérieur à ceux du recensement s'expliquent par le fait qu'un même propriétaire peut fréquenter deux points d'eau en fin de saison sèche.



humains qui influencent leur conduite, les déplacements journaliers et saisonniers, ainsi que la répartition spatiale des cours (points d'attache des bovins) et des points d'eau fréquentés en fin de saison sèche (passage obligatoire pour l'abreuvement à cette période). Trois groupes de propriétaires de bovins se distinguent selon leur ethnie, leur activité ou le nombre de bovins qu'ils possèdent : les éleveurs traditionnels, les agro-éleveurs et les agriculteurs (bœufs de trait).

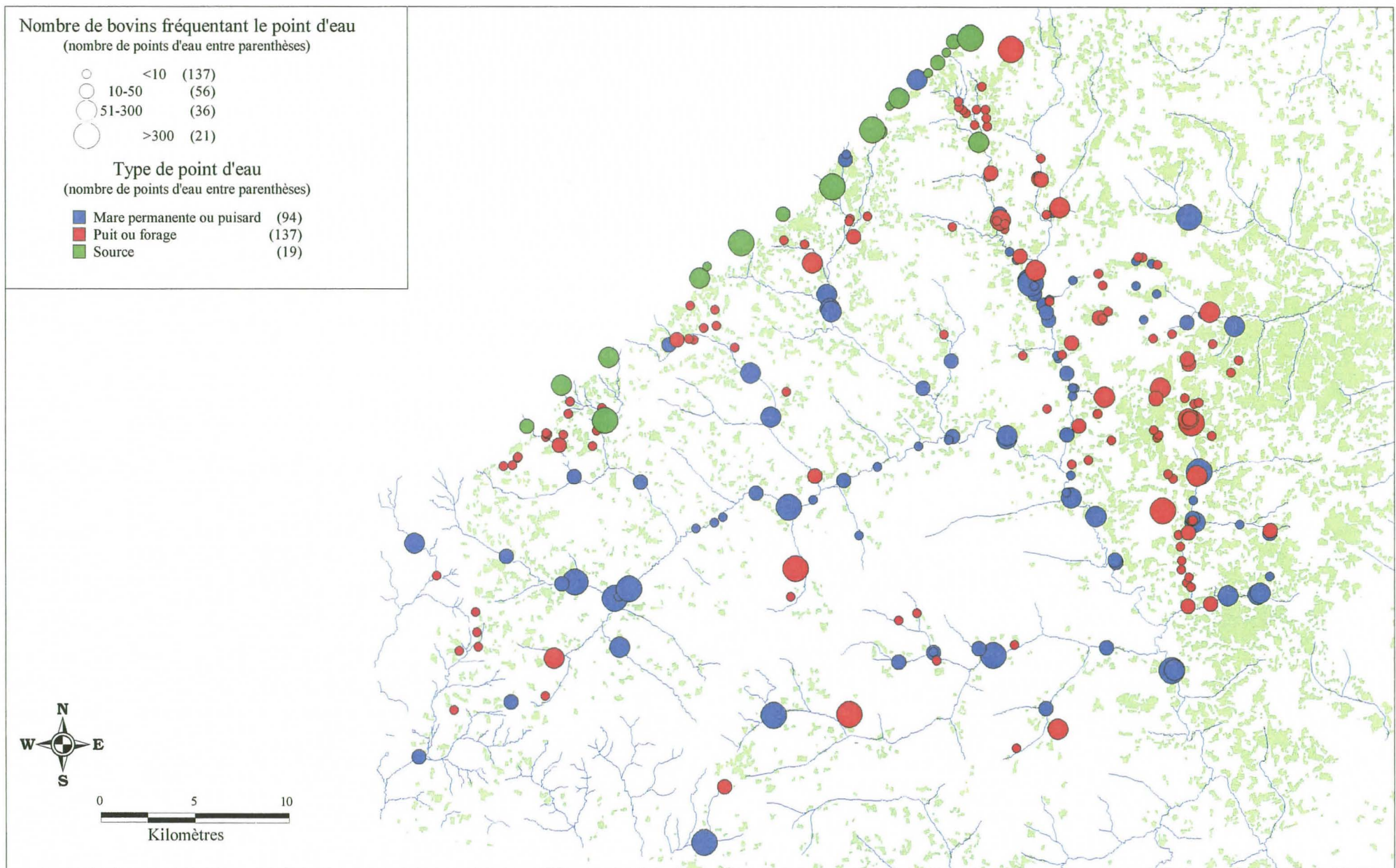
Pour chacun de ces groupes, la contrainte de l'abreuvement est gérée différemment. Cela a des conséquences sur les parcours journaliers des animaux, donc sur l'interface avec les glossines. A partir des informations recueillies lors de ces enquêtes, la répartition et la zone fréquentées par les bovins vont pouvoir être modélisées afin de participer à la recherche des points épidémiologiquement dangereux.

Figure N° 21 : Répartition des bovins dans la zone de Sidéradoukou (par enquêtes et comptages au sol) (MICHEL J.F.,1998)





Figure N° 22 : Points d'eau fréquentés par les bovins en fin de saison sèche dans la zone de Sidéradougou (MICHEL J.F., 1998)





**Tableau N° 12 : Description des types de systèmes de production (OUEDRAOGO S., MICHEL JF., 1998)**  
(Pourcentage des modalités dans chaque type, et valeur des moyennes, écarts-types et médianes pour les variables quantitatives)

Types de systèmes de production				
Variables	Modalités	Type 1 N = 116	Type2 N = 180	Type3 N = 505
Ethnie	Mossi	3,5	100	-
	Bobo, Tiefo, autres	3,5	-	99
	Peul	93	-	1
Nombre de bovins	< 5 bovins	-	51	66
	5 à 20 bovins	9	42	30
	> 20 bovins	91	7	4
	Moyenne	105	9	6
	Ecart-type	114	12	9
	Médiane	70	4	3
Activité principale	Elevage	91	-	1
	Agriculture	5	90	95
	Mixte	4	10	4
Distance cour-point d'eau	< 1 km	10	58	61
	1 à 4 km	39	39	37
	> 4 km	51	3	2
	Moyenne	4201	1095	1053
	Ecart-type	2326	1115	1086
	Médiane	4097	690	736
Zone	1	15	98	29
	2	55	-	60
	3	30	2	11
Transhumance	Oui	48	4	9
	Non	52	96	91
Ancienneté des habitants dans la cour	< 10 ans	44	52	23
	10 à 25 ans	32	39	24
	> 25 ans	24	9	53
Nombre de bœufs de trait	Aucun	27	2	2
	1 paire	38	36	45
	2 paires	22	40	35
	> 2 paires	13	22	18
	Moyenne	2,5	3,5	2,5
	Ecart-type	2,1	1,6	2,1
Nombre de points d'eau fréquentés	Médiane	2	4	2
	1	59	89	92
Type de point d'eau fréquenté	2	41	11	8
	Mare ou puisard	61	53	40
	Puits ou forage	15	47	42
	Source	24	-	18



## 6- La modélisation

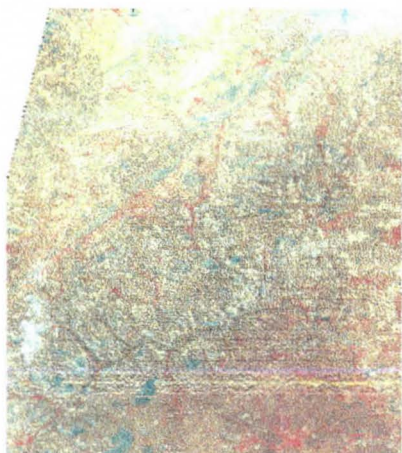
### 6.1- Les biotopes des glossines vus par le satellite

Par le passé, les photographies aériennes ont été fréquemment utilisées pour la cartographie des biotopes à glossines, en particulier pour leur excellente résolution et la possibilité d'obtenir une vision stéréoscopique (recouvrements partiels des clichés). Cependant les techniques de photo-interprétation sont longues et difficilement généralisables sur de grandes superficies. Les images satellitales sont mieux adaptées à la perspective d'une généralisation sur de vastes étendues et d'un traitement semi-automatique donc reproductible. Elles ont permis d'établir les cartes d'occupation du sol, utilisées pour mettre en évidence les dynamiques anthropiques (voir précédemment). Elles ont également été utilisées pour la cartographie des formations naturelles dans lesquelles vivent les glossines.

### CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS DE BAS-FOND

#### *Caractéristique de l'image et pré-traitement*

La scène SPOT<sup>25</sup> de la zone d'étude a été acquise le 3 novembre 1996, en mode spectral multibandes<sup>26</sup>. Ces données brutes ont subi différents pré-traitements d'optimisation et de rectification géométrique pour être compatibles avec les géoréférencements des enquêtes de terrain. Pour cette phase de rectification, des points de calages, identifiables sur le terrain et sur l'image (points d'amers), ont été levés au GPS.



Il convient de noter dès à présent que le pouvoir de résolution du capteur HVR<sup>27</sup> des satellites SPOT est limité, en mode multibandes, à des surfaces élémentaires (pixels<sup>28</sup>) de 20 mètres de côté. Cette contrainte est importante car certaines des structures du milieu, capitales pour l'entomologiste, ont une taille de cet ordre de grandeur (les petits cordons ripicoles par exemple) et seront donc difficilement différenciables par le satellite.

#### *Classification supervisée de l'image*

Une classification a pour objectif de réaliser une représentation cartographique la plus fidèle possible du milieu, à partir de la valeur spectrale des pixels composant l'image source. (DE WISPELAERE G., MICHEL V., 1997)

La classification est dite supervisée lorsque l'on intègre, lors de la phase d'apprentissage, différents thèmes relevés par l'opérateur sur le terrain.

<sup>25</sup> Référence KJ: 049-328

<sup>26</sup> C'est à dire avec trois canaux de réception (canal XS1 correspondant au vert (500-590 nm), canal XS2 correspondant au rouge (610-680 nm) et canal XS3 correspondant au proche infra-rouge (790 à 890 nm)). L'image (composition colorée) est visualisée selon un codage trichromique en fausses couleurs dans lequel le canal XS3 est coloré en rouge, le canal XS2 en vert et le canal XS1 en bleu. Dans cette combinaison nommée composition colorée, les différentes formes de végétation s'identifient par des teintes plus ou moins rougeâtres.














<sup>27</sup> HVR: Haute Résolution Visible

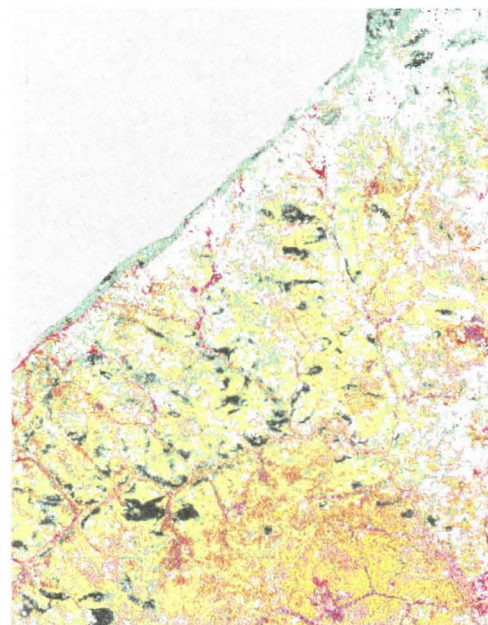
<sup>28</sup> Pixel: PIChure ELeмент



Lors des enquêtes de terrain, différents types de milieux (ou unités cartographiques) ont été déterminés à partir de 164 sites jugés représentatifs de la zone. Certains de ces sites ont été retenus comme références ou "zones d'apprentissage", et l'ensemble de la zone d'étude a été classée selon une procédure du type "maximum de vraisemblance". La qualité de la classification obtenue a été estimée par l'analyse de sa matrice de confusion. (DE WISPELAERE G., 1997)

### 13 unités cartographiques ont été retenues:

	surfaces cultivées nues
	zones cuirassées ou rocheuse et feux anciens
	forêts-galeries
	savanes arbustives lâches
	galeries forestières
	savanes herbeuses sèches
	feux récents
	savanes arbustives et arborées denses
	zone urbaine
	surfaces cultivées encore vertes
	savanes herbeuses humides
	prairies de bas-fonds
	savanes de talweg
	sols nus de berge
	masque (Bobo Dioulasso)



Ces classes ont été entérinées en tenant compte des confusions radiométriques importantes qui pouvaient exister notamment entre les principaux faciès des vallées et certaines savanes de plateaux ou de versants qui présentent des caractéristiques voisines de recouvrement végétal et de phénologie (rappelons que la réponse spectrale d'un pixel intègre l'ensemble des caractéristiques physiques du milieu à un instant 't' (activité photosynthétique, humidité, etc.), et il est parfois difficile d'avoir une correspondance univoque entre un thème précis, par exemple la structure de la végétation, et la réponse spectrale correspondante).

## L'APPROCHE PAYSAGERE

Comme il a été évoqué précédemment, certains objets comme les galeries forestières par exemple, qui figurent ici comme une classe à part entière, sont souvent de trop petite taille pour être perçus distinctement. Par contre, même en subissant une "dilution", leur présence influe sur le produit radiométrique capté. La démarche adoptée a alors consisté à ne plus considérer la galerie forestière comme une entité propre, mais comme élément d'un paysage qui intègre les différentes structures existant en périphérie du réseau hydrographique<sup>29</sup>. (DE WISPELAERE G., BORNE F., 1997)

Cette stratégie se justifie à double titre:

- d'une part, la formation végétale n'est pas un élément isolé mais dépend des caractéristiques (hydrologiques, géomorphologiques, édaphiques) du milieu à laquelle elle appartient,

<sup>29</sup> . Notre perception du paysage s'inspire des propositions de G. Bertrand (1968 In (ROUGERIE, 1991 #120)): "le paysage est, sur une portion d'espace, le résultat de la combinaison dynamique (...) d'éléments physiques, biologiques et anthropiques qui, en réagissant les uns sur les autres (en font) un ensemble unique et indissociable".

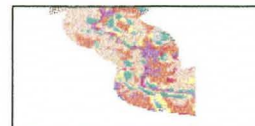


- d'autre part, l'impact des structures avoisinantes, notamment anthropiques (cultures...), peut être ainsi pris en compte.

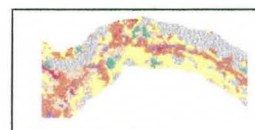
### *Cartographie des unités de paysages*

Tout le long du réseau hydrographique, une zone "tampon" large de 600 mètres et centrée sur le cours a été sélectionnée. Dans ce tampon, l'agencement des unités cartographiques constitue des types de paysage. Huit unités de paysage ont été retenues:

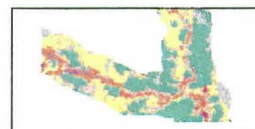
**Unité 1: paysage de galerie large bordée de savanes herbeuses :** le centre du tampon est occupé par des galeries forestières (cordon continu bleu) et sa périphérie par des savanes herbeuses sèches ou humides (beige). Ce type de paysage se rencontre dans la partie sud de Koba, au niveau des terrasses jaunes.



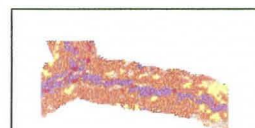
**Unité 2: paysage de galerie étroite bordée de savanes arbustives ou arborées lâches :** les galeries forestières sont faiblement visibles (bleu) et bordées d'un fin liseré de savanes denses (marron). Les savanes lâches (jaunes) dominent. Ce paysage constitue la majeure partie du réseau principal, en amont des zones de terrasses.



**Unité 3: paysage de cordon ripicole étroit bordé de cultures ou de savanes lâches :** l'espace est occupé par les cultures (vert) ou les savanes lâches (jaune). Au centre du tampon figure un cordon de savanes denses (marron) d'épaisseur variable. Ce paysage se rencontre notamment sur le Tolé.



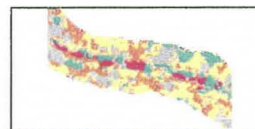
**Unité 4: paysage de thalweg :** ce paysage est rempli par des savanes denses (marron), mais en son centre apparaissent des plages bleues qu'il faut analyser comme une confusion radiométrique avec les galeries forestières. Il est bien représenté en amont des petits affluents.



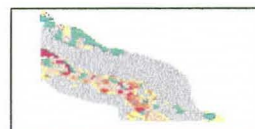
**Unité 5: paysage de zones intensément cultivées :** ce type de paysage apparaît totalement vert. Il se rencontre en particulier au pied de la falaise.



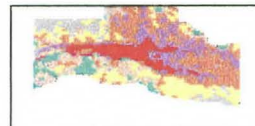
**Unité 6: paysage de savanes parcs, où alternent cultures et jachères :** aux cultures (vert) et aux savanes lâches (jaunes) s'ajoutent des images de prairies hydromorphes (rose) et de cuirasses (non classées). Proche du précédent, ce paysage se localise souvent à sa suite, un peu plus en aval.



**Unité 7: paysage de zones "non classées" :** l'espace est en majorité occupé par des thèmes éliminés, comme les feux ou la cuirasse, et dans la classification, l'espace est occupé essentiellement par du vide. Le long du réseau hydrographique, on le trouve dans les zones de savanes, lorsque le lit du cours d'eau est peu ou pas apparent.



**Unité 8: paysage de forêt:** ce paysage se caractérise par la présence de forêt-galeries (rouge) bordées de savanes denses (marron). Il est très peu abondant dans la zone d'étude



L'ensemble du tampon a été ainsi classé à partir de ces paysages définis, par classification automatique<sup>30</sup>, puis le réseau a été segmenté selon les unités de paysages (BORNE F., DE WISPELAERE G., 1997)

<sup>30</sup> logiciel PAPRI (BORNE, 1990)

**Tableau N° 13 : Les unités de "paysages"**

Lors de l'étude des biotopes des glossines, les typologies effectuées sur les paramètres écologiques ont permis de mettre en évidence différentes classes concernant les formations végétales ou les types de cours d'eau. Leur distribution dans les unités de paysage est décrite ici.

**Unité 1 : paysage de galerie large bordée de savanes herbeuses :**

La végétation est en majorité de type galerie forestière dense (39%), mais les cordons ripicoles lâches ou les forêt-galeries sont également bien représentés (respectivement 25 et 20%). Le cours d'eau est dans la plupart du temps une rivière temporaire encaissée ou peu encaissée (30 et 25%).

**Unité 2 : paysage de galerie étroite bordée de savanes arbustives ou arborées lâches :**

Les formations végétales peuvent appartenir à différentes classes de la typologie, sans différence significative: cordons ripicoles lâches (28%), forêt-galeries (24%), galeries forestières denses (21%), et cordons ripicoles denses (21%). Les cours d'eau sont plutôt des rivières temporaires peu encaissées (31%) ou des ruisseaux (24%).

**Unité 3 : paysage de cordon ripicole étroit bordé de cultures ou de savanes lâches :**

Dans ce paysage, tous les types de formations végétales se rencontrent, avec dans l'ordre décroissant d'abondance les savanes (26%), les cordons lâches (22%), les cordons denses (19%), les galeries forestières (17%) et les forêt-galeries (16%). Les cours d'eau sont, en majorité, des rivières temporaires peu encaissées (24%) et des ruisseaux.

**Unité 4 : paysage de thalweg :**

La végétation est essentiellement représentée par des savanes (33%), des cordons denses (28%) ou lâches (24%). Les cours d'eau sont des rivières temporaires peu encaissées (41%) ou des prairies hydromorphes (33%).

**Unité 5 : paysage de zones intensément cultivées :**

Les nombres de sites d'études dans ce paysage, ainsi que dans les suivants, sont trop faibles pour que l'on puisse réaliser de comparaisons statistiques ou leur accorder beaucoup de pertinence. Il est néanmoins parfois possible de décrire très grossièrement les dominantes.

Les formations végétales sont presque exclusivement de type savanes arborées ou arbustives (77%). Les cours d'eau sont en majorité des prairies hydromorphes (46%) et des rivières temporaires encaissées (29%).

**Unité 6 : paysage de savanes parcs, où alternent cultures et jachères :**

Les résultats sont comparables à ceux de l'unité précédente: Les formations végétales sont des savanes (89%), les cours d'eau des prairies hydromorphes (82%).

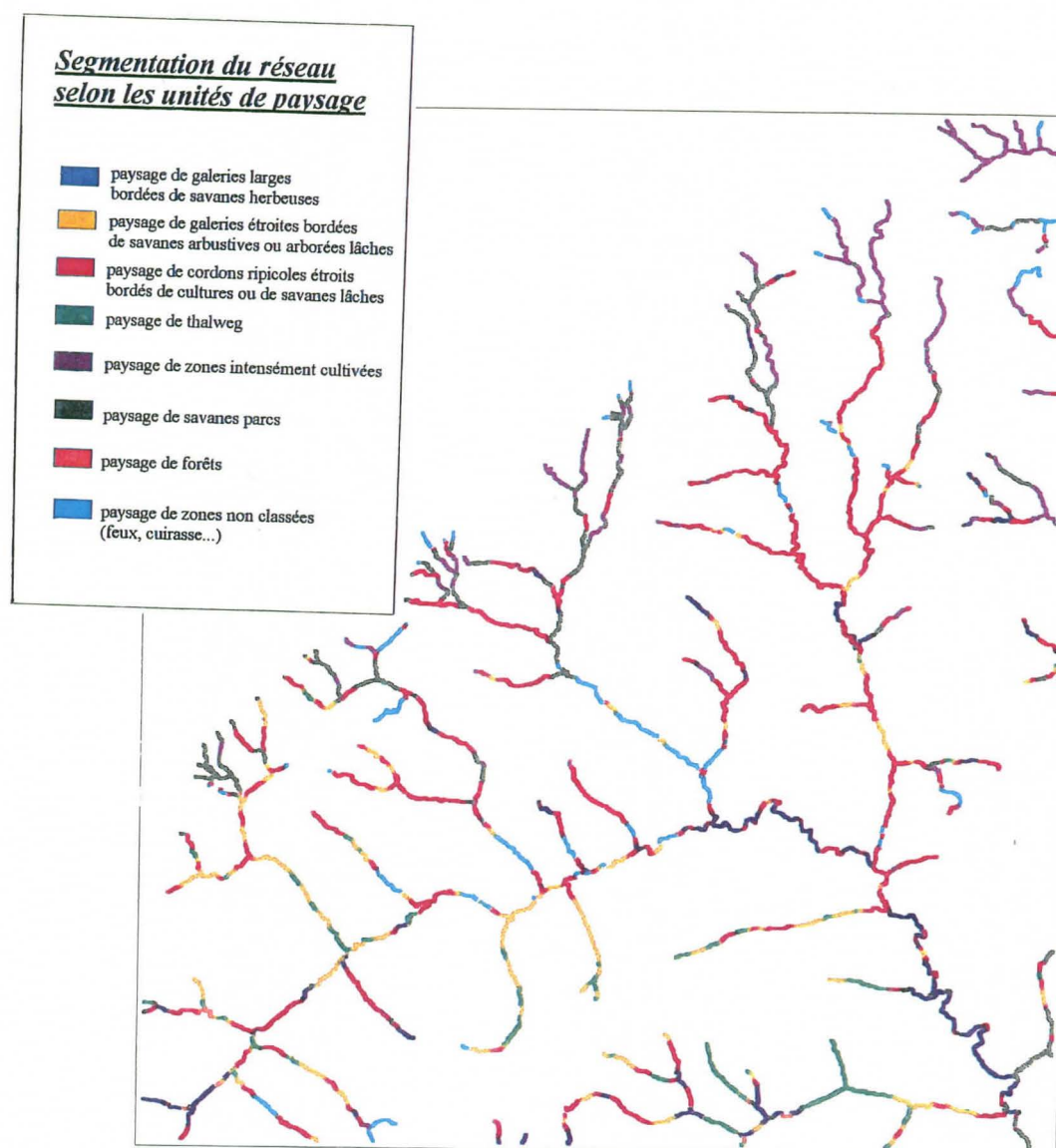
**Unité 7 : paysage de zones "non classées" :**

Les formations végétales semblent être préférentiellement des savanes (35%) et des cordons ripicoles lâches (30%).

**Unité 8 : Paysage de forêt:**

Les forêt-galeries (57%) dominent et le cours d'eau est essentiellement représenté par des prairies hydromorphes (67%).





**Figure N° 23 :** Cartes des unités de "paysages" de vallées sur le réseau hydrographique des rivières Koba et Tolé (DE WISPELAERE G, BORNE F., DE LA ROCQUE S., 1997).

Les différentes unités apparaissent assez peu dispersées spatialement :

- La boucle du Koba et la partie aval correspond à l'unité 1. Au niveau de l'embranchement avec le Tolé, celle-ci alterne avec l'unité 3. L'unité 2 se retrouve sur le reste de Koba, souvent entrecoupé par l'unité 3, et remonte au début des affluents.
- Le Tolé est en grande partie occupé par des paysage de type 3, sauf dans ses parties les plus en amont (unités 5 et 6).

Une description plus fine de ces paysages, qui s'appuie notamment sur la fréquence des différents éléments mis en évidence lors de l'étude écologique, est donnée dans le tableau N° 13.

## LES PAYSAGES ET LES DENSITES DE GLOSSINES

Les moyennes et écarts-type des densités apparentes (DAP) des deux espèces de glossine obtenus dans chacun des paysages sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau N° 14 : Moyennes et écart-types des DAP dans les différents paysages. (DE LA ROCQUE S., ARNAUD M., 1997)

Unité de paysage	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre de sites	242	194	343	57	30	38	23	11
Moyenne de <i>G. tachinoides</i>	3,85	1,89	1,94	0,8	1,17	0	1,61	2,27
écart-type	5,96	2,76	3,55	2,9	0,46	0	1,95	3,9
Moyenne des <i>G.p.gambiensis</i>	2,61	1,76	0,85	0,88	0,07	0	1,2	9,09
écart-type	3,35	2,37	1,73	3,01	0,37	0	2,6	10,87

Une simple comparaison de moyenne montre que :

- les densités de *Glossina palpalis gambiensis* sont significativement plus élevées dans l'unité 1 que dans toutes les autres (sign. 1%). Elles sont également plus importantes dans l'unité 2 (sign. 5 %). Il faut remarquer la très haute moyenne obtenue dans l'unité 8, mais les effectifs très réduits ne permettent pas d'effectuer de comparaisons statistiques robustes.

- les densités de *Glossina tachinoides* sont également plus élevées dans l'unité 1 (sign. 0,1 %), puis dans les unités 2 et 3 (sign. 1%), avec la même remarque concernant le paysage 8.

Dans la majorité des cas, les écart-types sont supérieurs aux moyennes. Ce phénomène est classique dans les études de répartitions spatiales de populations, et correspond à une distribution en agrégats. "Elle est due à des variations, souvent faibles mais importantes pour l'être vivant des caractéristiques du milieu" (Dajoz, 1982). A l'examen des cartes de répartition, ce caractère d'agrégation avait déjà été remarqué, notamment pour *G. palpalis gambiensis*.

### En conclusion

Le traitement des images satellitales a permis d'identifier différents paysages tout le long du réseau hydrographique, dans une zone tampon large de 300 mètres de part et d'autre du cours d'eau. A l'intérieur de ceux-ci ont été recherchés les densités moyennes de glossines capturées pour chacune des espèces ou sous-espèces.

- le paysage 1 est celui où les densités de glossines sont les plus élevées,
- les deux espèces sont également bien représentées dans l'unité 2,
- l'unité 3 est favorable à la présence de *G. tachinoides*, mais pas à celle de *G. palpalis gambiensis*.

## 6.2- Représentation des zones d'influence des bovins

Le chapitre précédent a montré comment des données de télédétection pouvaient être utilisés pour révéler la répartition des populations de vecteurs. Le discours actuel va traiter de la répartition des hôtes d'intérêt économique que sont les bovins et des outils utilisés pour la représenter.

Le recensement exhaustif des bovins dans la zone a permis d'obtenir un grand nombre d'informations sur leur répartition dans l'espace et les systèmes de productions dans lesquels ils s'insèrent.



Cependant, en l'état, cette « couche » d'information est difficilement exploitable. En effet, seulement deux points par troupeau ont été relevés (le parc de nuit et le point d'eau fréquenté en fin de saison sèche). La représentation spatiale de ces données a plusieurs inconvénients (voir les cartes du recensement) :

- la superposition des données qui entraîne un manque de lisibilité de l'information,
- le caractère ponctuel des données,
- aucune liaison visible entre les cours et les points d'eau fréquentés par les bovins, donc aucune représentation des axes de déplacements locaux de ces bovins en fin de saison sèche,
- un rapprochement difficile avec les autres couches d'informations, notamment les zones de présence des glossines.

L'approche adoptée tend à la représentation de l'emprise spatiale des bovins en modélisant les « zones d'influence » des troupeaux. Ce ne sont pas en effet les parcours réels des bovins qui sont révélés, mais les zones dans lesquelles leur présence est très probable.

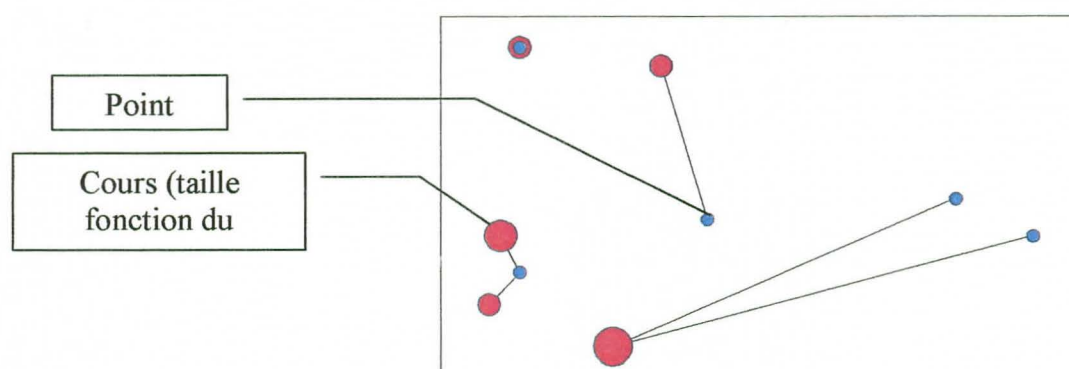
## METHODE

Lors du recensement des bovins, 801 cours et 250 points d'abreuvement ont été répertoriés. La démarche exposée se divise en plusieurs étapes. (MICHEL JF., MICHEL V., 1998)

### *Liaison des cours et des points d'eau*

Chaque cour (point de départ des bovins) a été reliée avec le ou les points d'eau fréquentés en fin de saison sèche (point d'arrivée)(figure 1). Le raisonnement sur les points de départ et d'arrivée est étayé par la connaissance du terrain et la bibliographie : à de très rares exceptions près, le parc (ou le point d'attache des bovins pour la nuit) se situe dans un rayon de 100 mètres autour de la cour ; le point d'abreuvement représente la contrainte majeure en fin de saison sèche, et conditionne le parcours journalier du troupeau puisqu'il constitue le point d'arrivée obligatoire.

Figure N° 24 : Représentation des trajectoires des bovins en fin de saison sèche



### *Représentation des « zones d'influence » des bovins*

Les trajectoires tracées précédemment représentent les axes du déplacement journalier des troupeaux, et la zone autour de cet axe correspond à une « zone d'influence » ou zone de présence très probable des bovins.

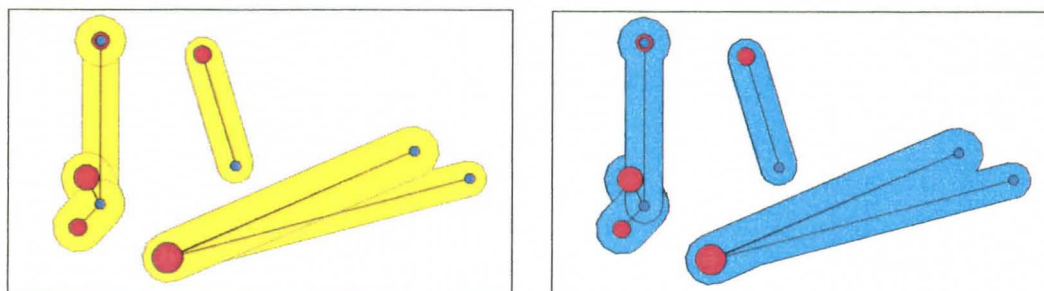
Cette modélisation repose sur deux hypothèses de base :

- le déplacement des bovins en fin de saison sèche est dicté essentiellement par la quête de l'eau,

- les bovins se répartissent plus ou moins largement autour de l'axe cour - point d'eau.

Le point critique réside dans le choix de la forme et de la taille des polygones représentant la zone d'influence d'un troupeau. La forme choisie correspond à un polygone de forme oblongue dont seule la largeur est paramétrable (Figure N° 25).

Figures N° 25 et 26 : Polygones dessinés autour des trajectoires et sommation des polygones



Pour déterminer cette largeur, deux postulats ont été posés :

- plus la distance entre la cour et le point d'eau est importante moins les bovins s'écartent de l'axe de la trajectoire (le troupeau utilise le trajet le plus direct),
- plus le nombre de bovins est important plus leur zone d'influence est large (le troupeau se disperse).

Dès lors, les critères de stratification ont été:

- la distance entre la cour et le point d'eau,
- le nombre de bovins

et les limites retenues pour les lasses sont données dans le tableau 1.

Tableau N° 15 : Stratification de la population et largeur des polygones choisies. (MICHEL JF., MICHEL V., DE LA ROCQUE S., 1998)

Distance cour-point d'eau	Moins de 4 kilomètres		Plus de 4 kilomètres	
Nombre de bovins	< 20	> 20	< 40	> 40
Largeur du polygone	1 km	2 km	500 m	1 km

Une étude des parcours réels des bovins en fin de saison sèche, sur un échantillon représentatif de la population recensée et équilibré suivant ces deux critères, a été réalisée<sup>31</sup> et a permis de valider le choix de la taille des polygones. A chaque polygone tracé est affecté un nombre de bovins. Pour les bovins qui fréquentent deux points d'eau, leurs polygones sont sommés et le nombre réel de bovin leur est affecté (Figure N° 26).

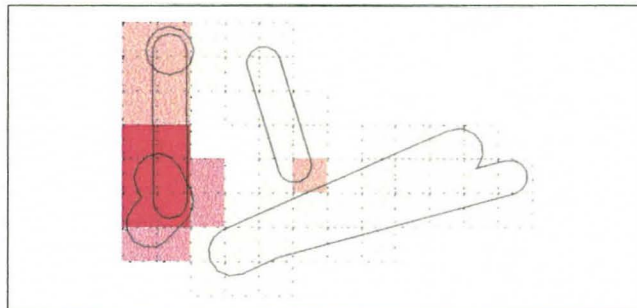
<sup>31</sup> INERA, 1998



### *Projection des zones d'influence sur un maillage géographique*

A partir des polygones de zone d'influence, la représentation de l'occupation de l'espace par les bovins est obtenue par projection de ces polygones sur un maillage géographique (Figure N° 27). Cette méthode permet de s'affranchir des inconvénients liés à la superposition des données. (MICHEL JF., MICHEL V., 1998)

Figure N° 27 : Projection des polygones sur un maillage géographique



Selon les informations projetées et les méthodes de projection, diverses représentations sont obtenues :

- ❖ **carte de fréquentation de l'espace**, le nombre de bovins attaché à chaque carré du maillage correspond au nombre maximal de bovins qui peuvent fréquenter ce carré,
- ❖ **carte de densité des bovins** obtenue en sommant pour chaque carré du maillage les densités moyennes des polygones qui touchent ce carré.

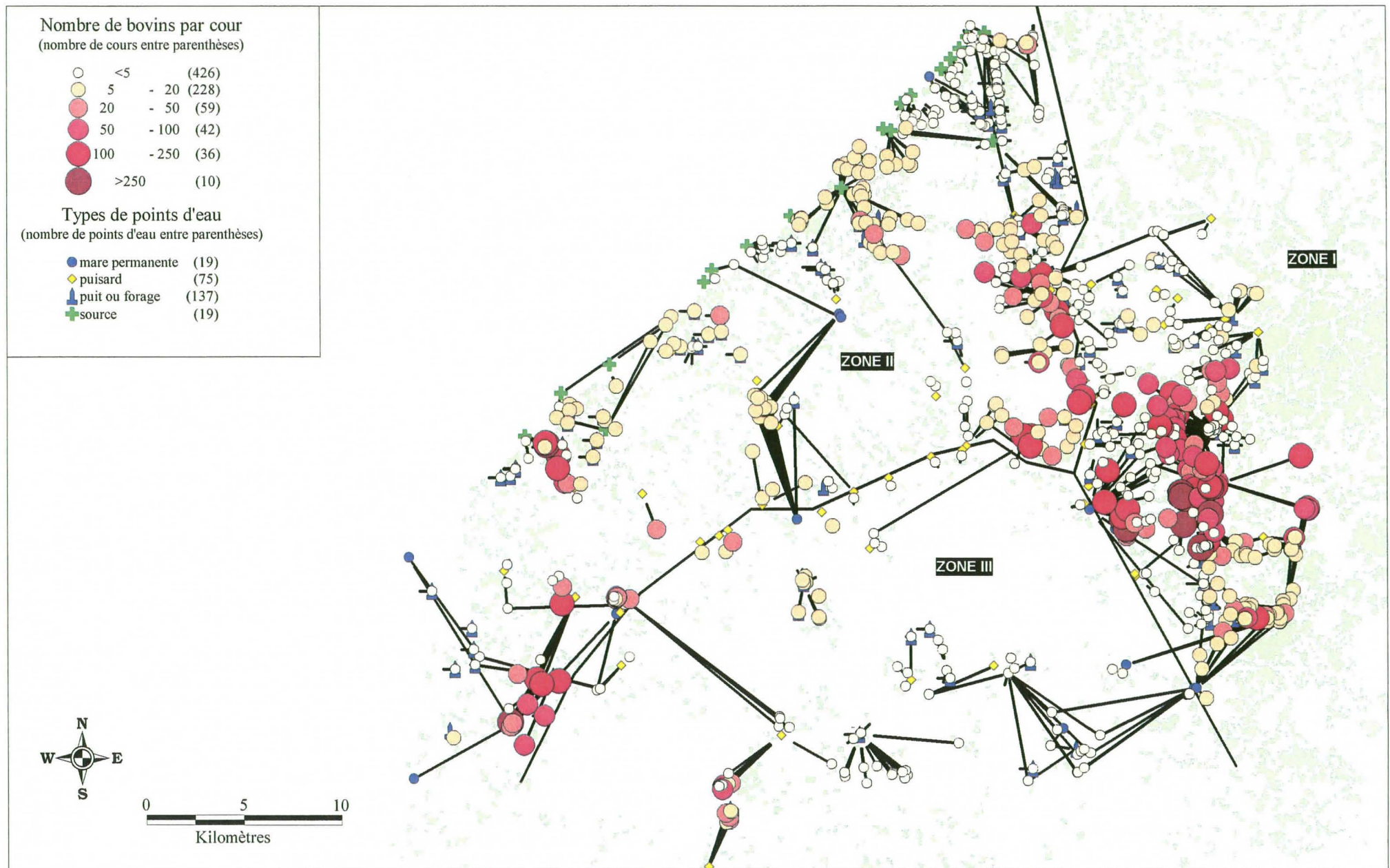
L'information est ainsi rendue plus lisible, mais elle est plus ou moins diluée selon la taille des carrés constituant le maillage géographique. Le choix de cette taille est donc guidé par deux contraintes : d'une part minimiser la dilution et la perte de l'information, d'autre part rester dans les possibilités de calcul de l'ordinateur, rapidement atteintes lorsque le maillage est très fin. Le meilleur compromis a été atteint avec des carrés variant de 500 mètres à 1 kilomètre de côté.

## **RESULTATS**

### *Liaison des cours et des points d'eau*

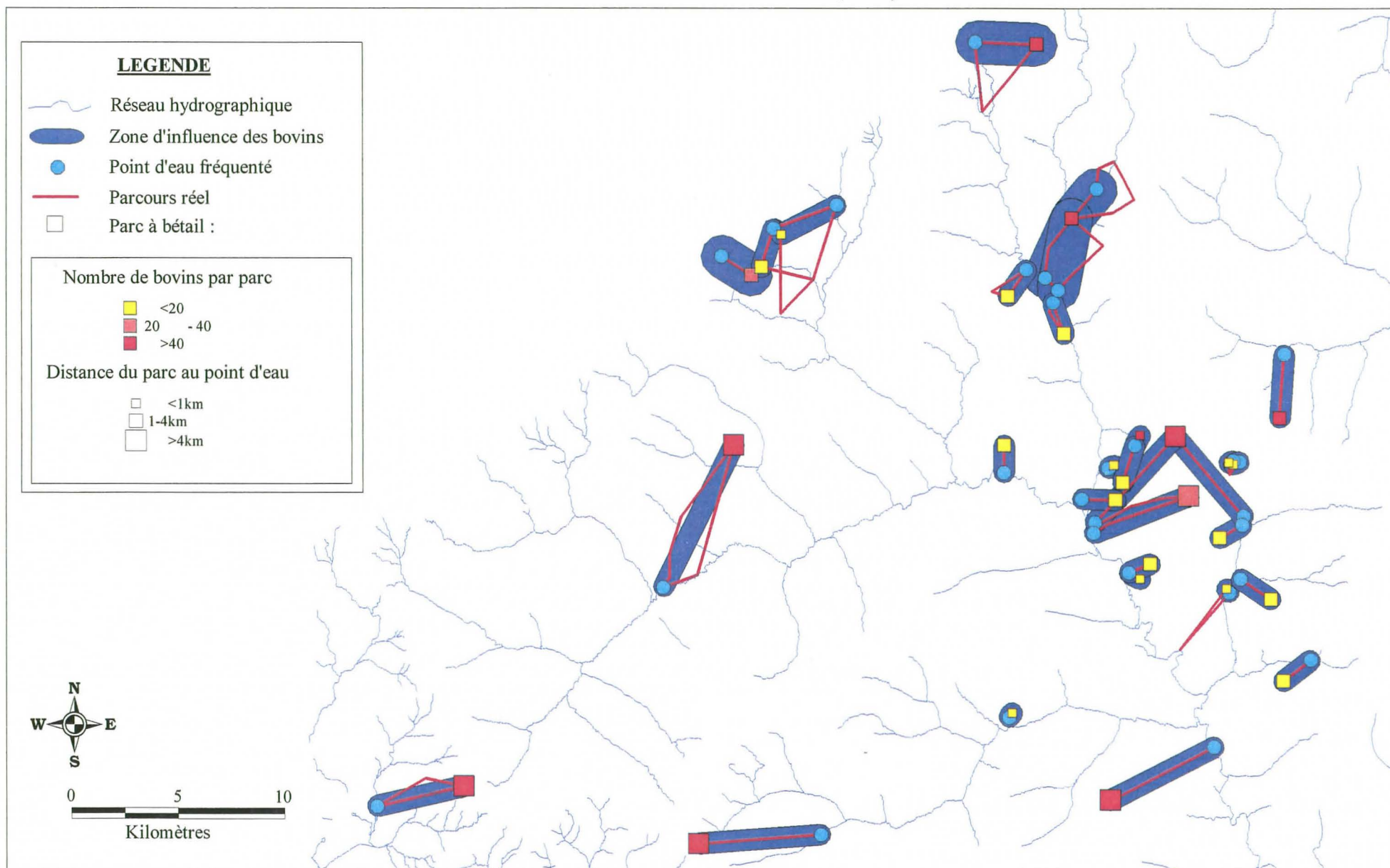
La figure N° 28 représente l'ensemble des cours et des points d'eau recensés, et les trajectoires qui relient chaque cour à son (ou ses) point(s) d'eau fréquenté(s) en fin de saison sèche. Les points de convergence des bovins apparaissent mais l'information liée à ces bovins est peu lisible.

**Figure N° 28 :** Représentation ponctuelle des données (cours et points d'eau) et des trajectoires des bovins  
dans la zone de Sidéradouguou  
(MICHEL J.F., MICHEL V., DE LA ROCQUE S., 1998)

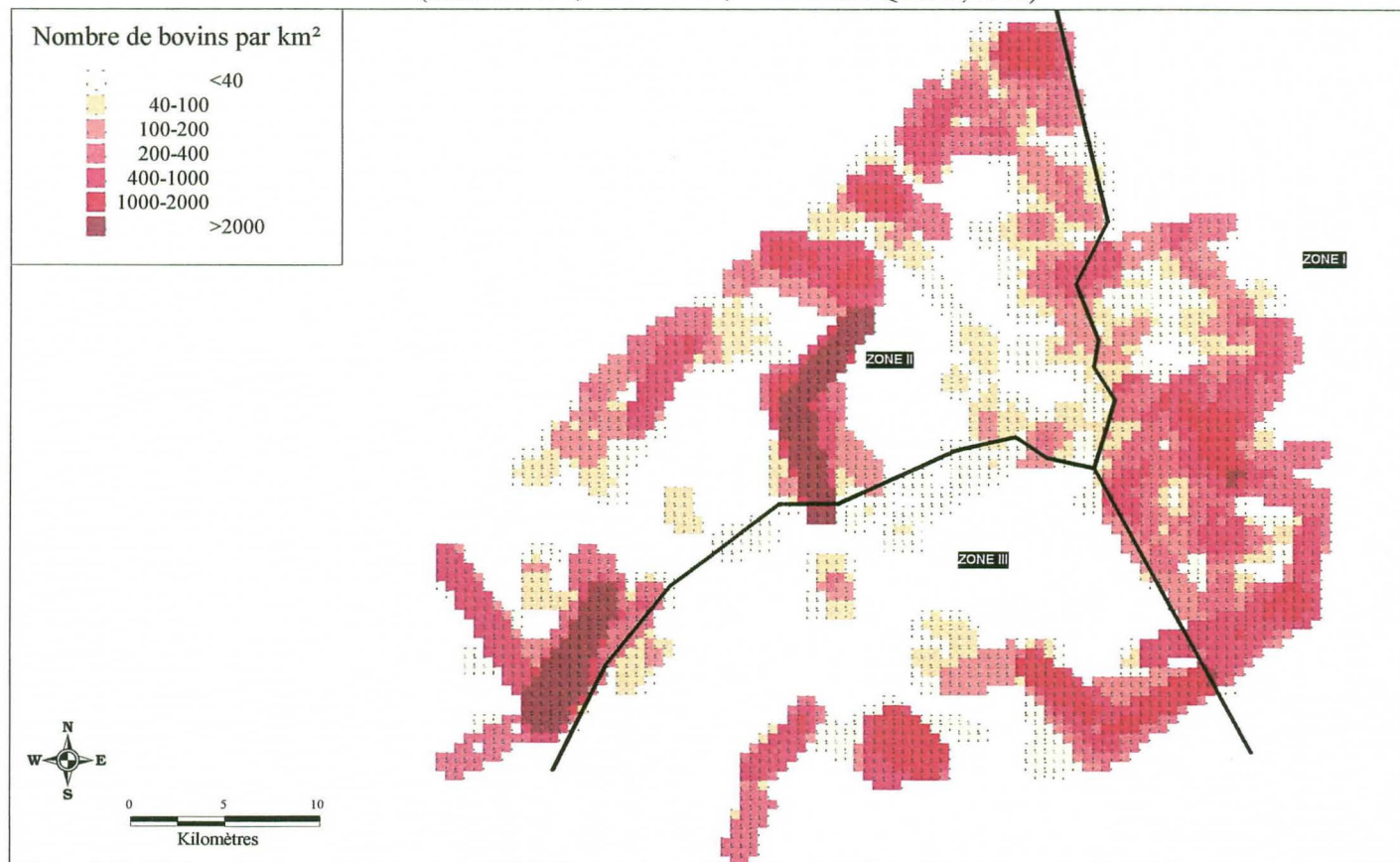




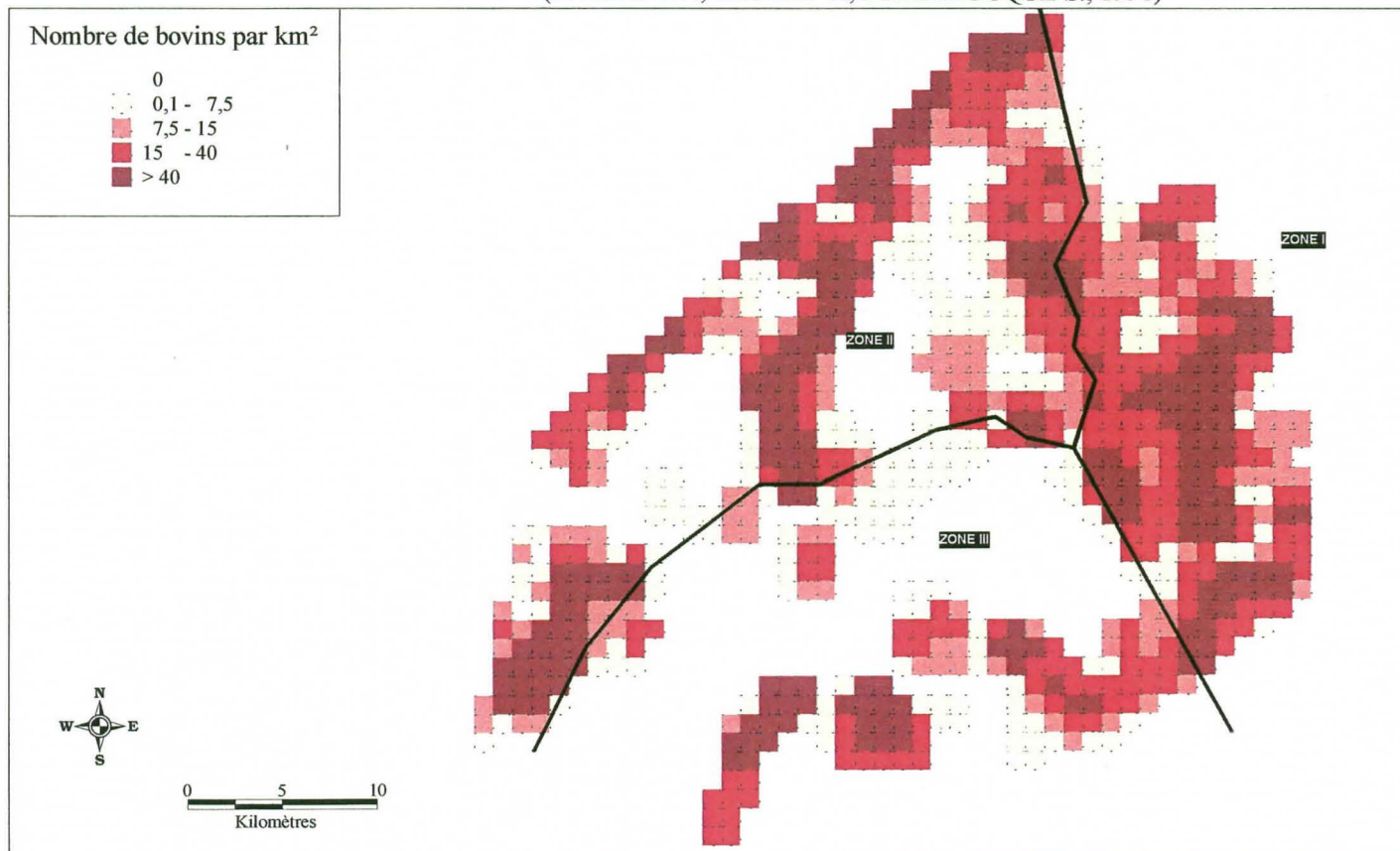
**Figure N° 29 :** Comparaison des parcours réels et des zones d'influence des bovins  
(MICHEL V., OUEDRAOGO S., 1998)



**Figure N° 30 :** Fréquentation de l'espace par les bovins dans la zone de Sidéradouguou  
(MICHEL J.F., MICHEL V., DE LA ROCQUE S., 1998)



**Figure N° 31 :** Densités de bovins dans la zone de Sidéradouguou  
(MICHEL J.F., MICHEL V., DE LA ROCQUE S., 1998)





### *Largeur des zones d'influence des bovins*

La figure N°29 représente les trajets réels déterminés lors de l'étude des parcours sur un échantillon de troupeaux (OUEDRAOGO S., 1998), superposés aux polygones ainsi déterminés. La très grande majorité des parcours réels de fin de saison sèche est recouverte par les polygones de zone d'influence des bovins, notamment lorsque le point d'eau est éloigné de la cour. Les écarts les plus flagrants entre le parcours réel et le polygone apparaissent lorsque les cours et les points d'eau sont très proches, il est alors difficile de prévoir où sont les bovins.

### *Fréquentation de l'espace par les bovins*

La projection sur le maillage est effectuée en affectant le nombre total de bovins présents dans un polygone à chaque carré qui le touche. L'opération est répétée en sommant les valeurs pour chaque carré au contact de plusieurs polygones.

La carte obtenue (Figure N°30) représente donc le nombre maximal de bovins qui peuvent fréquenter chaque carré du maillage. Cette représentation de la fréquentation de l'espace est particulièrement intéressante pour l'élaboration du modèle du risque en visualisant le nombre potentiel de bovins en contact avec les zones de présence des glossines. (MICHEL JF., MICHEL V., DE LA ROCQUE S., 1998)

### *Densité des bovins*

La carte de densité des bovins (Figure N° 31) est obtenue en projetant et en sommant pour chaque carré les densités moyennes obtenues dans les polygones. La densité est alors considérée comme constante à l'intérieur du polygone<sup>32</sup>.

Le zonage agro-écologique mis en évidence précédemment à partir des cartes d'occupation du sol se retrouve ici :

- ♦ dans la zone 1, les densités sont élevées. Cette zone correspond au front pionnier qui est constitué de nombreux agriculteurs propriétaires de bœufs de trait et de bovins d'élevage (thésaurisation).
- ♦ les densités sont hétérogènes dans la zone 2 : elles sont élevées au pied de la falaise, où l'agriculture est abondante, elles sont plus hétérogènes dans le reste de la zone.
- ♦ les densités de bovins sont également très hétérogènes dans la zone 3 qui accueille essentiellement les éleveurs Peuls nouvellement arrivés et transhumant en saison sèche.

### *Conclusion*

La démarche décrite permet de représenter la répartition d'un effectif bovin dans l'espace à partir d'un nombre relativement faible de données ponctuelles (2 points par propriétaire recensé). Elle ne prétend pas donner une représentation de la réalité, mais permet de s'en approcher, ou du moins d'obtenir une meilleure représentation que la simple cartographie des points relevés.

Cette représentation est beaucoup plus pratique d'utilisation :

---

<sup>32</sup> Notons qu'il est possible de pondérer cette densité en fonction de la distance à l'axe de la trajectoire, cette méthode a pour effet de « concentrer » les bovins sur l'axe de la trajectoire.

- directement elle permet de mieux appréhender les informations concernant les bovins en améliorant la lecture des cartes (plus de superposition de l'information),
- indirectement, elle est homogène dans sa forme avec d'autres couches informations auxquelles elle pourra être reliée dans le SIG (présence des glossines, cultures...).

### 6.3- Vers la mise en évidence des points épidémiologiquement dangereux

Le système épidémiologique est caractérisé par les relations qu'entretiennent les trois acteurs qui le constituent : les hôtes (les bovins), les vecteurs (les glossines) et les parasites (les trypanosomes). La rencontre de ces trois acteurs dans le temps et dans l'espace correspond à une forte probabilité de transmission. Les études précédentes ont montré que la fin de saison sèche correspond à l'époque où ces contacts sont les plus intenses. Elles ont également indiqué une organisation spatiale des différents composants du risque, et ont prouvé que la mise en évidence des « points épidémiologiquement dangereux » doit être appréhendée à une échelle très fine.

Les outils d'analyse spatiale représentent un apport important pour la modélisation. Les SIG (Systèmes d'Information Géographiques) permettent une analyse des relations entre les différentes couches d'informations spatialisées recueillies par enquêtes terrestres. L'intégration de ces informations avec celles issues de la télédétection satellitale est recherchée afin que des indicateurs robustes puissent être identifiés, l'objectif étant de s'affranchir le plus possible des enquêtes exhaustives de terrain, trop lourdes et onéreuses.

### LA DEMARCHE ET SES LIMITES

Pour une meilleure intégration des données disponibles dans le système d'information géographique, les relations entre les différents thèmes abordés sont été reportées dans une ébauche de modèle conceptuel de données (TOURE, 1998).

#### *Hypothèse de base*

L'hypothèse de base est la suivante : les points épidémiologiquement dangereux (PED) se situent à l'intersection de l'espace des glossines (EG) et de l'espace des bovins (EB). En fin de saison sèche, ces zones de contact se localisent le long du réseau hydrographique (RH).

$$\text{PED} = \text{RH} \cap \text{EG} \cap \text{EB}$$

#### *Couches d'informations disponibles*

- ♦ Le réseau hydrographique constitue le lieu de rencontre privilégié des glossines et des bovins en fin de saison sèche. Il a été cartographié par interprétation simultanée d'une image SPOT panchromatique<sup>33</sup> et de photographies aériennes au 1/50 000ème.
- ♦ "L'espace des glossines" a été abordé par la caractérisation des paysages de bas-fond qui intègrent les formations riveraines et les structures en périphérie du réseau (tampon de 600 m. de large). Des corrélations ont été établies entre les densités des glossines et les types de paysages (voir précédemment).

<sup>33</sup> Bandes spectrales d'enregistrement dans le visible, résolution 10x10 m.



- ♦ "L'espace des bovins" a été représenté à travers la mise en évidence des zones d'influence du cheptel. Cette information est disponible à l'intérieur d'un maillage (1x1 km), sous la forme de densités d'animaux ou de charges instantanées.

### ***La démarche et sa justification épidémiologique***

Selon l'hypothèse de départ, le risque de transmission parasitaire peut être relié à l'intensité des contacts hôtes-vecteurs. À l'échelle du troupeau, l'incidence parasitaire est d'autant plus importante que le nombre de piqûre potentiellement infectantes par individu et par jour est élevé.

Les situations rencontrées sur le terrain peuvent être très variées. Par exemple :

- un petit nombre de bovins fréquentent un site où les glossines sont très nombreuses : pratiquement tous les animaux risquent alors d'être piqués. Cependant si la fréquentation du site par les bovins est peu régulière, la population d'insectes se nourrit également sur des reptiles sauvages (qui ont des chances d'être présents puisque le milieu est certainement peu transformé), et le taux d'infection des glossines par des trypanosomes pathogènes est sans doute faible. Le risque de transmission est alors moins élevé qu'il ne peut paraître.
- un grand nombre de bovins fréquentent un milieu où les glossines sont peu abondantes : cette situation est possible si le milieu naturel est dégradé, et les biotopes suffisamment transformés pour limiter la démographie des glossines<sup>34</sup>. Dans ce cas, les insectes se nourrissent exclusivement sur les bovins, et l'on peut s'attendre à ce que la très grande majorité d'entre elles soient infectées par des trypanosomes pathogènes. Chaque piqûre risque d'être infectante, et le risque est sans doute plus important que ne le laisserait supposer la faible DAP, surtout si la fréquentation du site est régulière.
- un grand nombre d'animaux fréquentent un site où les glossines sont très abondantes : ceci suppose que les biotopes soient préservés, comme par exemple dans la région de Ouara (présence des terrasses jaunes). Le risque est alors important.

## **LA MODELISATION DES INTERFACES**

### ***La grille de risque***

Le fonctionnement de ce système d'interface est donc complexe, et difficile à généraliser et à modéliser. Bien que réductrice d'information, et ne prenant pas en compte toute la diversité des situations possibles, une grille de risque a cependant été établie pour rechercher les combinaisons les plus favorables à la transmission parasitaire<sup>35</sup>.

	Paysages de bas -fonds		
	8	1	2
Charge instantanée (km <sup>2</sup> )			
plus de 150			
de 100 à 150			
de 50 à 100			
de 1 à 50			
nulle			

■ risque élevé

▒ risque moyen

░ risque faible

□ risque négligeable

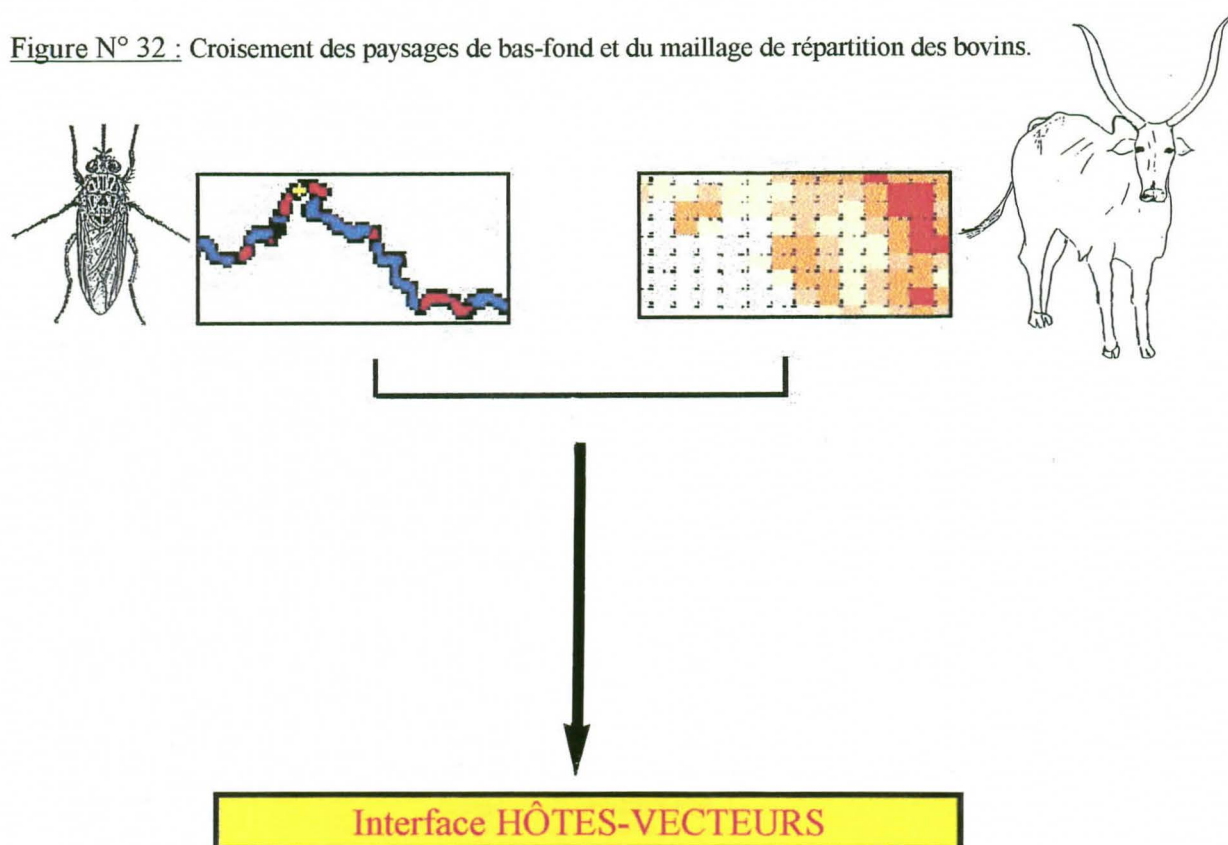
<sup>34</sup> C'est par exemple le cas sur la branche aval du Koba.

<sup>35</sup> Cette grille ne concerne que les paysages dans lesquels les densités de glossines sont significatives (paysages 8, 1 et 2)

### *Mise en évidence des zones d'interface*

Les couches d'informations intervenant dans le modèle ont alors été "croisées" à l'intérieur du Système d'Information Géographique, et les situations jugées les plus dangereuses, sur la base de la grille de risque, ont pu être révélées. (Figure N° 32) (DE LA ROCQUE, MICHEL JF., MICHEL V., 1998)

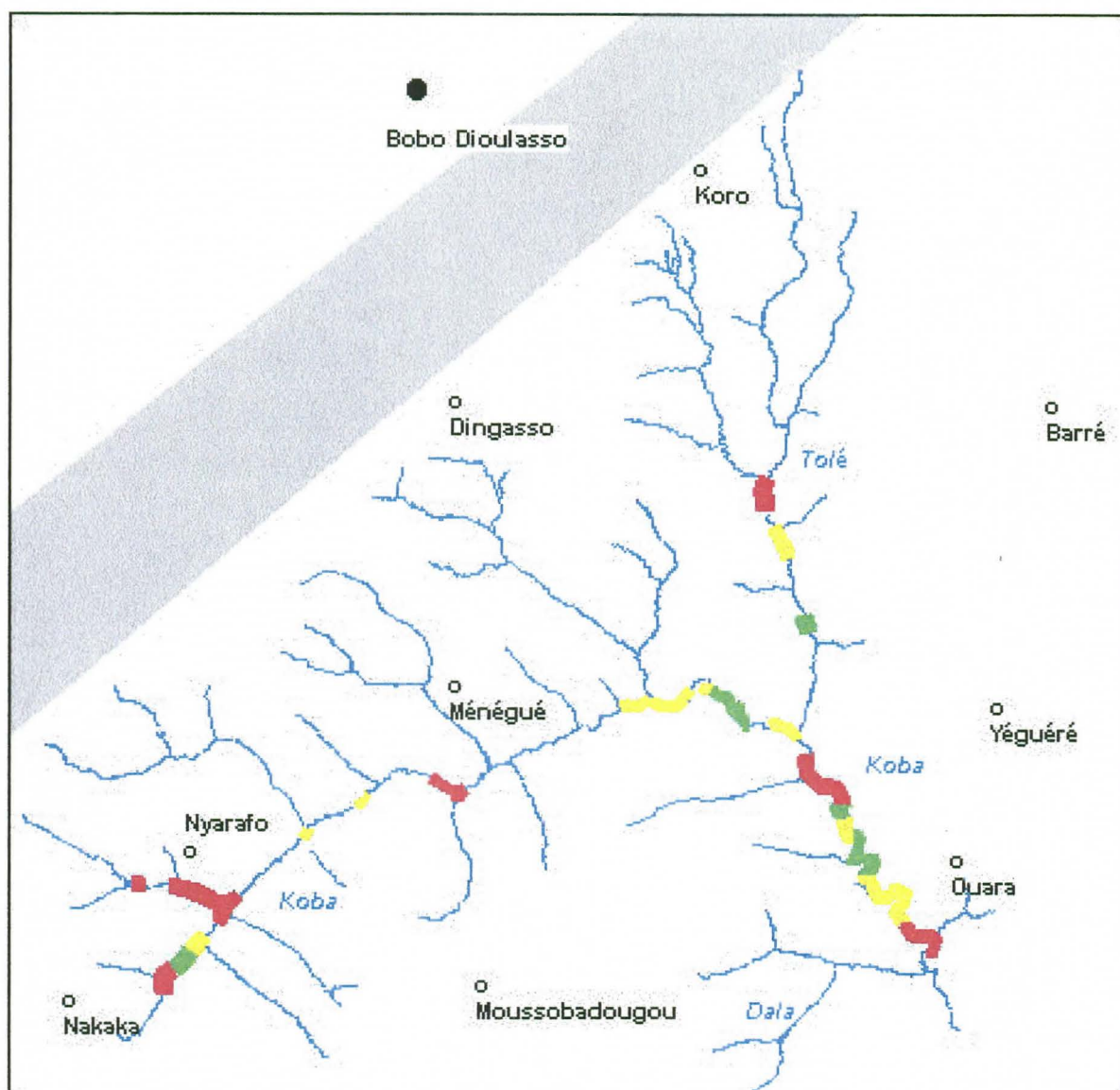
Figure N° 32 : Croisement des paysages de bas-fond et du maillage de répartition des bovins.



Il fait apparaître des tronçons de réseau hydrographique au niveau desquels les interfaces entre les glossines (perçues à travers l'approche paysagère) et les bovins (appréhendés par l'analyse des zones d'influence) sont les plus intenses (Figure N 33).



Figure N° 33 : Mise en évidence des points épidémiologiquement les plus dangereux. (DE LA ROCQUE S., MICHEL V., MICHEL JF., 1998)



Zone de risque maximum

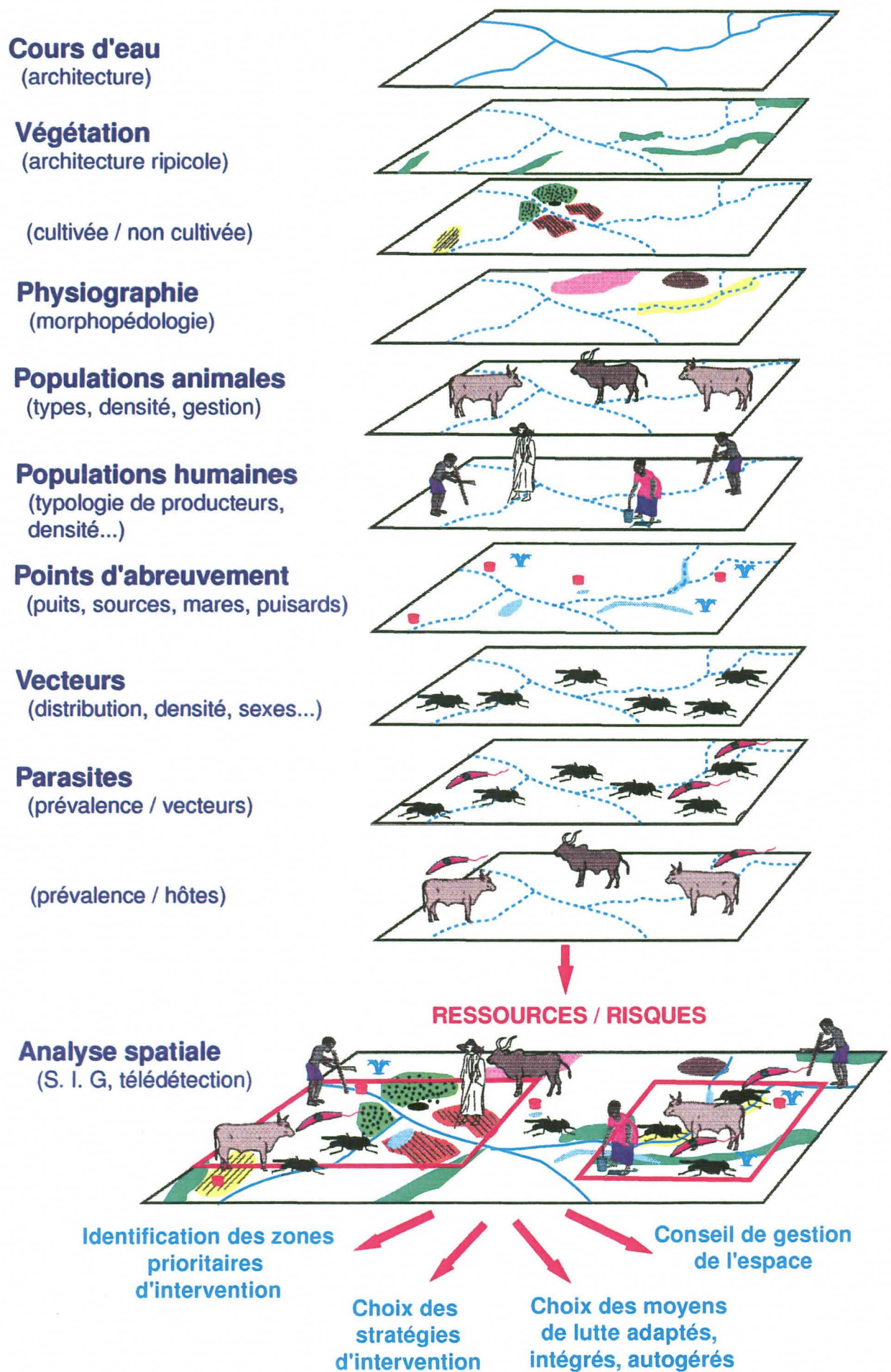
Zone de risque moyen

Zone de risque faible

La démarche révèle alors que sur les 126 km du réseau hydrographique concerné,

- 15 appartiennent à la classe de risque maximum,
- 8 présentent un risque moyen
- et 16 un risque faible.

Figure N° 34: Stratification des couches d'informations dans un Système d'Information Géographique (SIG)





## Validité des résultats

Si l'hypothèse est exacte et la procédure correcte, les glossines capturées dans les zones de risque maximum doivent être plus fréquemment porteuses de trypanosomes pathogènes que sur le reste du réseau. Ce constat est rendu possible grâce aux résultats obtenus par PCR sur les glossines capturées lors de la prospection entomologique de 1996 (Tableau N° 16).

Tableau N° 16 : Pourcentage de trypanosomes identifiés par PCR dans les organes des glossines disséquées, selon les différentes zones de risque

	Zone de risque élevé (rouge)	Zone de risque moyen (vert)	Zone de risque faible (jaune)	Zone de risque négligeable
<i>Trypanosoma vivax</i>	14,3	7,3	3	2,6
<i>Trypanosoma congolense</i>	9,3	4,2	4,5	3,3
<i>Trypanosoma brucei s.l.</i>	3,3	1,6	1	1,5
Non Identifiés	1,6	1,6	4	5,3

Il apparaît que le pourcentage de glossines infectées par des trypanosomes pathogènes (par rapport au nombre de glossines disséquées) est, pour les 3 espèces de parasites, d'autant plus important que la zone a été décrite comme dangereuse. A l'inverse, le taux de trypanosomes non identifiés (sans doute des parasites de reptiles) est plus élevé dans la zone où le risque est considéré comme faible ou négligeable. Ces résultats confirment donc la pertinence de la démarche et valident ses résultats.

## Conclusion

Le modèle présenté ci dessus manque encore de maturité et gagnerait à être affiné. En particulier la définition de la grille de risque pourrait être approfondie, pour tenir compte de situations plus variées que celles décrites ici (paysages les plus favorables aux glossines associés aux classes de fréquentations des bovins les plus importantes). Néanmoins la démarche proposée semble très prometteuse sur le plan épidémiologique en permettant d'identifier les zones les plus dangereuses. Ces zones d'interfaces à risque trypanosomien élevé représentent environ 18 % de l'ensemble du réseau initialement prospecté.

Un gros travail reste encore à mener pour rendre ce modèle opérationnel. D'une part, la méthode demande impérativement à être éprouvée dans une autre zone de travail, après inversion du modèle, cette étape est prévue lors de la saison sèche 1999. D'autre part, si l'approche paysagère des bas-fonds permet d'appréhender de manière rapide et semi-automatique la situation entomologique, la connaissance de la répartition du cheptel et des zones d'influence des bovins a nécessité des enquêtes de terrain très lourdes (recensement, typologie de producteurs). Le développement de méthodes rapides pour le recensement ou la mise en évidence d'indicateurs de charges bovines sont indispensables. Elles sont en cours d'investigation (MICHEL J.F.), en particulier à partir de comptages aériens avec positionnement par GPS des bovins dénombrés (DEA en cours).

Néanmoins, cette modélisation permettant de transformer une information ponctuelle en une information continue dans l'espace ouvre un nouveau champ d'exploration des relations entre les vecteurs et les victimes des trypanosomoses. Cette réflexion sur la transformation des données et leur représentation peut intéresser d'autres systèmes pathogènes et d'autres thématiques (économie, sociologie, etc).



## 7- Conclusion

Ce projet a reposé sur une étroite collaboration entre des intervenants nombreux et différents par leur métier, d'une part au sein du CIRAD, d'autre part avec des organismes français (IRD notamment) et des partenaires du sud (CIRDES, INERA).

Les différentes équipes ont su se mobiliser aux moments opportuns (souvent dépendants des saisons tropicales) pour assurer l'avancée synchrone des travaux vers les objectifs fixés, malgré la complexité du système pathogène abordé (trypanosomoses) et la part importante des travaux de terrain dans des conditions difficiles.

Les résultats obtenus offrent un grand intérêt à au moins deux niveaux :

- Sur le plan de la recherche, les trois acteurs de ce système pathogène majeur (vecteurs/ parasites/ hôtes) n'ont pas été étudiés séparément mais simultanément avec un géoréférencement de toutes les données. Si l'approche "terrain" a été dominante, elle a reçu en permanence l'appui indispensable des laboratoires équipés en Métropole ou au Burkina Faso (identification moléculaire des parasites et des vecteurs, analyses spatiales, biométrie fine, analyses statistiques, etc.). Ces échanges constants entre le terrain et le laboratoire ont été particulièrement féconds, permettant à des disciplines très diverses et qui souvent s'ignoraient, d'apporter leur expertise particulière et indispensable sur des thèmes allant du microsatellite au satellite !

L'originalité de ce travail est d'appréhender de façon nouvelle, à la fois le système parasitaire lui-même, mais aussi des facteurs agroécologiques (formations végétales, morphopédologie, hydrologie, paysages, etc.) et socio-économiques (occupation par l'homme, bétail, pratiques, gestion, etc.), qui entretiennent, exacerbent ou atténuent les risques de transmission des parasites aux hôtes (bétail ou homme).

Dans le cas de ces pathologies à vecteurs, il apparaît en effet que l'évaluation de "l'espace à risque" nécessite une vision globale du processus épidémiologique et impose donc de s'intéresser à des thèmes qui le dépassent. Son étude a reposé sur l'emploi des outils classiques du parasitologiste, de l'entomologiste, du vétérinaire, de l'épidémiologiste, etc, associés aux techniques les plus performantes de la biologie moléculaire (PCR, marqueurs microsatellites, etc). L'approche globale a mobilisé les moyens les plus actuels du traitement de l'information géographique (géoréférencement, télédétection, SIG) et a généré des démarches innovantes (analyses paysagères, géostatistique, etc). La vision dynamique des milieux naturels ou/et anthropisés ont apporté des éléments de compréhension du fonctionnement de cette maladie parasitaire, montrant tout l'intérêt de la transversalité des compétences dans la connaissance de ces "systèmes éco-socio-pathogènes" (AMAT-ROSE & GENTILINI, 1995). Il faut remarquer que les maladies à transmission indirecte, en particulier celles à vecteurs, s'inscrivent bien dans cette démarche.

- Sur le plan du développement, cette étude constitue aussi une étape de recherche appliquée, ancrée à des problèmes concrets. Dans la situation préoccupante de résurgence des trypanosomoses humaines, la démarche de croisement de couches d'informations multithématiques a des chances d'apporter des explications supplémentaires à l'explosion de certains foyers, dont les causes sont mal connues. Dans le domaine des trypanosomoses animales, face à la raréfaction des financements disponibles, les indications d'intervention seront tributaires d'un **diagnostic rapide de la situation "Risques" par rapport à la situation "Ressources"**. La connaissance de cet état des lieux est long et lourd. Les outils développés dans toute cette étude sont une contribution à la **mise en évidence rapide d'indicateurs robustes** (indicateurs de milieux favorables aux vecteurs, lieux de rendez-vous vecteurs-hôtes, relation agriculture-élevage, etc), appréhendés par voie aérienne mais nécessairement validés par enquêtes terrestres. Celles-ci ne pourront être évitées mais seront alors allégées. Sur le plan de la lutte, les résultats fournis montrent de façon concrète que, sur ce réseau hydrographique, une intervention contre les glossines n'est justifiée que sur seulement 10 % de sa longueur.

Enfin, la démarche scientifique initiée et développée dans ce projet de trois années n'est pas restreinte aux seules trypanosomoses. Les outils et les méthodes utilisés ou générés ont une application certaine



dans l'épidémiologie analytique et prédictive d'autres pathologies à vecteurs (maladies à tiques, arboviroses, etc) ou à hôtes intermédiaires (distomatoses, etc), mais également pour des maladies à transmission directe, notamment dans le contexte d'une anthropisation parfois rapide de vastes espaces. L'objectif est bien de gérer ou de prévoir des risques et, au delà, de pouvoir proposer des options de développement dans des milieux multi-risques, multi-acteurs, multi ressources, multi-contraintes, et multi-compétitions (MONICAT, 1997).

---

---

## Bibliographie : principales données consultées

- ~ AMAT-ROSE J.M. & GENTILINI M.. 1995. La santé en cartes, in "Penser la terre". Ed. Autrement, Série Mutations, N° 152: 119-137.
- ~ AUGUSSEAU, X. 1988. Etude de l'occupation agricole et de sa dynamique. Rapport de synthèse/ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 13 pages.
- ~ ARNAUD M. 1998. Analyse statistique des données entomologiques et écologiques concernant l'identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina Faso). Rapport de synthèse /ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 8 pages.
- ~ BAUER, B., PETRICH-BAUER, J., KABORE, I., KOUROUMA, B., MATTAUSCH, M., SOME, J. & TAMBOURA, I. 1988. Epidemiological survey in the pastoral zone of Sidéradougou, Burkina Faso. *Proc. international symposium on modern Insect Control*, Vienne, 6-20 nov.
- ~ BORNE F. 1990. Méthodes numériques de reconnaissance des paysages. Thèse Doct.Science, Paris VII, 213 p.
- ~ BORNE F. 1998. Cartographie des unités de paysages par PAPRI. Rapport de synthèse/ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 6 pages.
- ~ BUXTON, P. A. 1955. The natural history of tsetse flies. Lewis H.K. & Co Ltd, London School Hyg. trop. Med, mem n°10. 816 p.
- ~ CAMUS, E. 1983. Diagnostic de la trypanosomose bovine sur le terrain par la méthode de centrifugation hématocrite. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 2 (3): 751-769.
- ~ CATTAND P. & JANNIN J. 1998. The role of international organizations in the control of human African trypanosomiasis. International Colloquium "Sleeping sickness rediscovered", Institut de Médecine Tropicale, Anvers (Belgique), 14-18 décembre.
- ~ CHALLIER, A. & LAVEISSIERE, C. 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina*: Diptera - Muscidae), description et essais sur le terrain. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. et Parasitol.*, XI (4): 251-262.
- ~ CHALLIER, A. 1965. Amélioration de la méthode de détermination de l'âge physiologique des glossines. *Bull. Soc. Path. Exo.*, 58 : 2.
- ~ CHALLIER, A. 1973. Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplanck 1949 en savane d'Afrique Occidentale, *Mémoire ORSTOM n°64*, Montpellier, 274 p.
- ~ COMBES, C. 1995. Interactions durables, Ecologie et évolution du parasitisme, Masson, Paris. 524 p.
- ~ CRAMPTON J.M., BEARD C.B., LOUIS C. 1997. The molecular biology of insect disease vectors. Chapman et Hall, Cambridge (U.K.), 578 pages
- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., BOURDOISEAU, G., FEVRIER, J. & SELLIN, E. 1979. Efficiency of chemical and mechanical barriers, reinforced by biconic traps against *Glossina palpalis gambiensis*. 16ème réunion OUA/CSTR/CSIRLT, Yaoundé, 29 oct - 3 nov.
- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., CLAIR, M., SELLIN, E. & TAZE, Y. 1978. Impact des lâchers de mâles stériles sur les niveaux de deux populations sauvages de *Glossina palpalis gambiensis* en Haute Volta (source de la Volta Noire). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 31 (3): 315-328.
- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., CLAIR, M., SELLIN, E., TAZE, Y., BOURDOISEAU, G. & FEVRIER, J. 1979. La lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank par lâchers de mâles stériles en Haute Volta. *Colloque international sur l'emploi des isotopes dans l'étude et la destruction des vecteurs des maladies animales*, Vienne (Autriche), 7-11 mai.



- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., MEROT, P. & TAMBOURA, I. 1984. Les lâchers de mâles irradiés dans la campagne de lutte intégrée contre les glossines dans la zone pastorale de Sidéradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** (4): 449-468.
- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., TAMBOURA, I., MEROT, P. & LAMARQUE, G. 1984. Répartition des glossines dans la zone pastorale d'accueil de Sidéradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** : 99-113.
- ~ CUISANCE, D., POLITZAR, H., TAMBOURA, I., MEROT, P. & LAMARQUE, G. 1984. Répartition des glossines dans la zone pastorale d'accueil de Sidéradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** 99-113.
- ~ D'AMICO, F. (1993). Rôle de *Glossina fuscipes fuscipes* Newstead, 1910, dans la transmission des trypanosomoses bovines en Afrique centrale. Cas de la zone d'élevage d'Ouro-Djafoun (République centrafricaine). Thèse Doct. Sci., Univ. Montpellier II. 160 p.
- ~ DE LA ROCQUE, S. (1997). Facteurs discriminants de la présence de glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour l'évaluation du risque trypanosomien. *Thèse Doct. Sci., Univ. Montpellier II (France)*. 162 p.
- ~ DE LA ROCQUE, S., LEFRANCOIS, T., REIFENBERG, J. M., SOLANO, P., BENGALY, Z., KABORE, I. & CUISANCE, D. 1998. PCR analysis and spatial repartition of trypanosomes infecting tsetse flies in Sideradougou area (Burkina Faso). *Annals of the New York Academy of Science*, **849** : 32-38.
- ~ DESQUESNES, M. & DE LA ROCQUE, S. 1995. Comparaison de la sensibilité du test de Woo et d'un test de détection des antigènes de *Trypanosoma vivax* chez des moutons expérimentalement infectés avec une souche guyanaise du parasite. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** (3): 247-253.
- ~ DE WISPELAERE G. 1997. Volet Télédétection et Cartographie du milieu naturel dans la zone de Sidéradougou (Burkina Faso). ATP Santé/Environnement. Rapport d'activité, Montpellier, CIRAD-EMVT, 4 pages.
- ~ DIALLO, M., DE LA ROCQUE, S. & CESAR, J. 1998. Evolution des formations ligneuses riveraines dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina faso) et recherche des causes anthropiques. ATP Dynamiques forestières, CIRAD-EMVT/CIRDES. 41 pages et annexe.
- ~ DIRIE, M.F., WALLBANKS, K.R., MOLYNEUX, D.H., McNAMARA, J.J. & MINTER, D. 1991. Comparison of *Trypanosoma grayi*-like isolates from west ant east Africa. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **85** : 49-52.
- ~ FAO. 1998. Spotlight Cost of Trypanosomiasis. Agriculture 21, FAO Magazine, Rôme (Italie).
- ~ FREYCON, V. 1996. Les GPS (Global Positioning System): principes de fonctionnement et conseils d'utilisation. CIRAD-FORET, Montpellier (France), 26 pages et annexe.
- ~ FREYCON, V. 1998. Rapport final / l'ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 2 pages.
- ~ FRONTIER, S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie, Masson, Paris (France). 494 p.
- ~ GAUTHIER, C. 1996. Contribution à la connaissance de la situation épidémiologique de la trypanosomose bovine dans la zone de Sidéradougou (Burkina Faso). DESS de Productions Animales en Régions Chaudes, CIRAD-EMVT, Montpellier (France), 64 pages.
- ~ GRUVEL, J. 1974. Contribution à l'étude écologique de *Glossina tachinoides* Westwood 1850 (Diptera: Muscidae) dans la réserve de Kalamaloué, vallée du Bas Chari. *Thèse Doctorat es Sciences Naturelles*, Paris VI (France). 303 p.
- ~ GUILLOBEZ, S. 1998. Etude physiographique de la région du Tolé et du Koba. Rapport de synthèse/ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 7 pages et cartes.
- ~ HOARE, C.A. 1972. The trypanosomes of mammals. A zoological monograph. Blackwell, Oxford, 749 p.
- ~ INERA. 1998. Etude des systèmes d'élevage dans la ZAP de Sidéradougou : Pratiques d'élevage intégrées aux exploitations agricoles et stratégies d'utilisation de l'espace. INERA,/GRN-SP, Bobo Dioulasso (Burkina Faso), 28 pages.



- ~ KEETLE D.S. Medical and Veterinary Entomology. CAB International, Oxon (U.K.), 725 pages.
- ~ LADIKPO, E. & SEUREAU, C. 1983. Localisation de *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* Kinetoplastida, Trypanosomatidae) dans le proboscis de *Glossina morsitans morsitans* Westwood 1850 (Diptera: Glossinidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp*, **63** (3): 193-196.
- ~ LEFRANCOIS, T., DE LA ROCQUE, S., SOLANO, P., BENGALY, J. M., REIFENBERG, J. M., KABORE, I. & CUISANCE, D. 1998. New epidemiological data on Animal Trypanosomosis by molecular analysis in the pastoral zone of Sidéradougou, Burkina Faso. *Molecular Ecology*, **7** : 897-904.
- ~ LLOYD, L. L. & JONHSON, W. B. 1924. The trypanosome infection of tsetse flies in Northern Nigeria and a method of estimation. *Bull. ent. Res.*, **14** : 265-288.
- ~ LOUNIS, M. 1997. Identification des facteurs discriminants de la présence et de l'absence des glossines dans une zone agropastorale du Burkina Faso. DESS Méthodes Statistiques des industries agronomiques, agro-alimentaires et pharmaceutiques, Université de Montpellier II (France), 63 pages et annexes.
- ~ MACLENNAN, K. J. R. 1971. The aparasitemic interval following diminazine aceturate therapy of a relapsing strain of *Trypanosoma vivax* infecting cattle. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, **3** : 208-212.
- ~ MASIGA, D. K., SMYTH, A. J., HAYES, P., BROMIDGE, T. J. & GIBSON, W. C. 1992. Sensitive detection of trypanosomes in tsetse flies by DNA amplification. *International Journal of Parasitology*, **22** : 909-918.
- ~ MAUDLIN, I. & WELBURN, S. C. 1989. A single trypanosome is sufficient to infect a tsetse fly. *Ann. Trop. Med. Parasito*, **83** (4): 431-433.
- ~ MEROT, P., POLITZAR, H., TAMBOURA, I. & CUISANCE, D. 1984. Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines au Burkina Faso par l'emploi d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **37** (2): 175-184.
- ~ MICHEL, J. F. 1998. Recensement des bovins, cartographie des parcs et des points d'eau. Typologies des systèmes de production. Rapport de l'ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 31 pages.
- ~ MICHEL V. Cartographie du milieu naturel dans la zone de Sidéradougou Burkina Faso). Classification de l'image SPOT XS du 22 novembre 1991. Etude des dynamiques agricoles 1991-96. Séminaire "Traitement des données de télédétection". Rapport d'évaluation. Université Paris X-Nanterre, Cirad-Montpellier, (France), 8 pages et cartes.
- ~ MICHEL V. 1998. Spatialisation du risque trypanosomien dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina Faso): pour une méthode d'intégration de données multi-sources dans un SIG (Système d'Information Géographique). Mémoire du DEA Géographie et Pratiques du Développement dans le Tiers-Monde, Paris X-Nanterre / CIRAD / CIRDES, 52 pages et cartes.
- ~ MINTER-GOEBDLOED, E., LEAKE, C. J., MINTER, D. M., McNAMARA, J. J., KIMBER, C., BASTIEN, P., EVANS, A. & LERAY, D. 1993. *Trypanosoma varani* and *T.grayi*-like trypanosomes: development *in vitro* and in insect hosts. *Parasitological Research*, **79** : 329-333.
- ~ MULLIGAN, H. W. 1970. The African Trypanosomiasis. G.Allen & Unwin Ltd, Londres (U.K.), 950 p.
- ~ MURRAY, M., MURRAY, P. K. & McINTYRE, W. I. M. 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African Trypanosomiasis. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **71** : 325-326.
- ~ NELSON, M. J. 1994. The role of sampling in vector control. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **50** (6): 145-150.
- ~ PETITEAU L. 1997. Fly Picture Measurements. Rapport de stage IUT, Diplôme Universitaire de Conception et Ingénierie de l'Informatique, CIRAD, Montpellier (France), 63 pages et 2 disquettes.
- ~ POLITZAR, H. & CUISANCE, D. 1983. A trap-barrier to block reinvasion of a river system by riverine tsetse species. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **36** (4): 364-370.



- ~ POLITZAR H., CUISANCE D. An integrated campaign against riverine tsetse *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* by trapping and the release of sterile males. *Insect. Sci. Applic.*, 1984, 5, 439-442.
- ~ ROBINSON T., ROGERS D. & WILLIAMS B. 1997. Univariate analysis of tsetse habitat in the common fly belt of Southern Africa using climate and remotely sensed vegetation data. *Medical and Veterinary Entomology*, 11: 223-234.
- ~ ROBINSON T., ROGERS D. & WILLIAMS B. 1997. Mapping tsetse habitat suitability in the common fly belt of Southern Africa using multivariate analysis of climate and remotely sensed vegetation data. *Medical and Veterinary Entomology*, 11: 235-245.
- ~ ROGERS D. & RANDOLPH S. 1993. Distribution of tsetse and ticks in Africa: past, present and future. *Parasitology to day*, 9: 266-271.
- ~ ROUGERIE, G. & BEROUTCHACHVILI, N. 1991. Géosystèmes et paysages : bilan et méthodes. Armand Colin, Paris (France), 302 pages.
- ~ SOLANO P. Implications épidémiologiques de la variabilité génétique de *Glossina palpalis gambiensis* grâce au polymorphisme de l'ADN microsatellite. Rapport CIRAD/ATP Santé-Environnement, Montpellier (France), 9 pages et cartes.
- ~ SOLANO, P., REIFENBERG, J. M., AMSLER-DELAFOSSÉ, S., KABORE, I., CUISANCE, D. & DUVALLET, G. 1996. Trypanosome characterization by polymerase chain reaction in *Glossina palpalis gambiensis* and *G. tachinoides* from Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.*, 10 : 354-358.
- ~ SWALLOW B.M. Impacts of trypanosomosis on African agriculture. PAAT position paper, 1998, 25 pages.
- ~ TACHER G., JANHKE H.E., ROJAT D., KEIL P. 1988. Livestock development and economic productivity in tsetse infested Africa. In: Livestock production in tsetse affected areas of Africa. Proceeding of a meeting held 23-27 november 1987, ILCA/ILRAD, Nairobi (Kenya).
- ~ TOUTAIN, B., DUMAS, R. & TACHER, G. 1978. Zone pastorale d'accueil de Sédarougou (Haute Volta). Etude préliminaire, IEMVT, Maisons Alfort (France), 191pages.
- ~ TOURE I. Mission d'appui au volet Télédétection, Cartographie et SIG. CIRAD/ATP Santé-Environnement, Montpellier (France), 1998, 19 pages.
- ~ TRONCY, P. M., ITARD, J. & MOREL, P. C. 1981. Précis de parasitologie tropicale, Ministère de la Coopération et du Développement, Paris (France), 717 pages.
- ~ VERY, P., BOCQUENTIN, R. & DUVALLET, G. 1990. Sensibilité de la double microcentrifugation pour la recherche des trypanosomes. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 43 (3): 325-329.
- ~ WHITELOW, D. D., GARDINER, P. R. & MURRAY, M. 1988. Extravascular foci of *Trypanosoma vivax* in goats: the central nervous system and aqueous humor of the eyes as potential source of relapse infection after chemotherapy. *Parasitology*, 97 : 51-61.

## **ANNEXES**

**Annexe 1 : Valorisation des résultats**

**Annexe 2 : Rapport financier**



## Annexe 1

### VALORISATION DES RESULTATS

#### 1. Rapports d'activité, rapports de mission, rapports de stage

ARNAUD M. 1998. Analyse statistique des données entomologiques et écologiques concernant l'identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina Faso). Rapport de synthèse /ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 8 pages.

AUGUSSEAU, X. 1988. Etude de l'occupation agricole et de sa dynamique. Rapport de synthèse/ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 13 pages.

AUGUSSEAU X., PARE S. & SARE B. 1998. Caractérisation régionale de l'emprise agricole et de sa dynamique dans une zone de migrations. Rapport de recherche. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Bobo-Dioulasso(Burkina Faso), 19 pages.

BERNARD C.,FREYCON V., GAZULL L., LO SEEN D. & TREBUCHON J.F. 1997. Le géoréférencement ou comment maîtriser l'intégration de données multisources dans un SIG. CIRAD-FORET, 50 pages et annexes(contribution indirecte).

BORNE F. 1997. Compte rendu ATP Santé-Environnement: Télédétection, images radar, mesures sur les ailes de mouches. 5 pages.

CUISANCE D. 1997. Rapport d'une mission d'appui à l'ATP Santé-Environnement, CIRAD-EMVT Montpellier (France), 17-28 avril 1997, 6 pages.

CUISANCE D. 1997. Compte rendu annuel d'activité et compte rendu financier de l'ATP CIRAD N° 70/96. 14 pages et annexes.

CUISANCE D. 1997. Rapport sur l'état d'avancement de l'ATP CIRAD N° 70/96. 11<sup>e</sup> Comité scientifique de la Mission Productions animales, Montpellier (France), nov. 1997, 8 pages.

CUISANCE D. 1997. Rapport annuel 1995-1996 sur le projet de recherche "Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence de glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien" (CNRS: 96/C/12), 9 pages.

CUISANCE D. 1997. Rapport annuel 1996-1997 sur le projet de recherche "Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence de glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien" (CNRS: 96/C/12), 11 pages.

CUISANCE D. 1998. Rapport sur l'état d'avancement de l'ATP CIRAD N° 70/96. 12<sup>e</sup> Comité scientifique de la Mission Productions animales, Montpellier (France), oct. 1998, 8 pages.

CUISANCE D. 1998. Compte rendu final succinct d'activité et compte rendu financier de l'ATP CIRAD N° 70/96, déc. 98 14 pages et annexes.

DE LA ROCQUE S. 1997. Rapport d'étape, CIRAD-EMVT, juin 1997. 5 pages + 1 carte.

DELAFOSSSE A. 1996. Recensement exhaustif des villages et campements dans le nord de la zone agropastorale de Sidéradougou. Rapport d'activité CIRDES, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 10 pages.

DE WISPELAERE G. 1997. Rapport d'activité sur la seconde année: bilan d'activité sur la campagne 1996-97 (volet télédétection-cartographie). CIRAD-EMVT, 3 pages.

DE WISPELAERE G. 1997. Volet Télédétection et Cartographie du milieu naturel dans la zone de Sidéradougou (Burkina Faso). ATP Santé/Environnement. Rapport d'activité, Montpellier, CIRAD-EMVT, 4 pages.

DIALLO M., DE LA ROCQUE S. & CESAR J. 1998. Evolution des formations ligneuses riveraines dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina Faso) et recherche des causes anthropiques. Rapport de recherche CIRAD-CIRDES, 41 pages.

FREYCON, V. 1998. Rapport final / l'ATP Santé-Environnement, CIRAD-FORET, Montpellier (France), 2 pages.

GAUTHIER, C. 1996. Contribution à la connaissance de la situation épidémiologique de la trypanosomose bovine dans la zone de Sidéradougou (Burkina Faso). DESS de Productions Animales en Régions Chaudes, mémoire de stage CIRAD-EMVT, Montpellier (France), 64 pages.

GUILLOBEZ S. 1997. Etude géomorphologique de la région du Tolé et du Koba (Burkina Faso). CIRAD-CA, Montpellier (France), 4 pages et 1 carte.

GUILLOBEZ, S. 1998. Etude physiographique de la région du Tolé et du Koba. Rapport de synthèse/ATP Santé-Environnement, CIRAD-FORET, Montpellier (France), 7 pages et cartes.

INERA/Equipe RSP. 1997. Etude des systèmes d'élevage de la zone de Sidéradougou. Rapport de recherche + annexes. Bobo Dioulasso (Burkina Faso), Juin 1997, 60 pages.

INERA/Equipe RSP. 1998. Etude des systèmes d'élevage dans la ZAP de Sidéradougou : Pratiques d'élevage intégrées aux exploitations agricoles et stratégies d'utilisation de l'espace. INERA,/GRN-SP, Bobo Dioulasso (Burkina Faso), 28 pages.

LOUNIS M. 1997. Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence et de l'absence des glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. DESS de Méthodes Statistiques des Industries Agro-Alimentaires et Pharmaceutiques, Université Montpellier II-CIRAD (France), sept. 97, 64 pages.

MEALLET C. 1997. Recensement et cartographie du cheptel bovin dans la zone de Sidéradougou. DESS Productions animales en Régions chaudes. Mémoire de stage. CIRAD-EMVT, 51 pages et annexes.

MICHEL J.F. 1998 Rapport d'activité: recensement du cheptel bovin dans le cadre de l'ATP. CIRAD-EMVT, 3 pages + 2 cartes.

MICHEL, J. F. 1998. Recensement des bovins, cartographie des parcs et des points d'eau. Typologies des systèmes de production. Rapport de l'ATP Santé-Environnement, CIRAD, Montpellier (France), 31 pages.

MICHEL J.F. Résultats du protocole de validation du recensement bovin par enquête dans la zone de Sidéradougou: premiers résultats. ATP Santé-Environnement, rapport intermédiaire (document interne), Montpellier, CIRAD-EMVT, 1998, 8 p.

MICHEL J.F. Une approche de représentation spatiale de la présence des bovins. ATP Santé-Environnement. Rapport intermédiaire (document interne), Montpellier, CIRAD-EMVT, 1998, 13 p.

MICHEL V. Cartographie du milieu naturel dans la zone de Sidéradougou Burkina Faso). Classification de l'image SPOT XS du 22 novembre 1991. Etude des dynamiques agricoles 1991-96.



Séminaire "Traitement des données de télédétection". Rapport d'évaluation. Université Paris X-Nanterre, CIRAD-Montpellier, (France), 8 pages et cartes.

MICHEL V. 1998. Spatialisation du risque trypanosomien dans la zone agropastorale de Sidéradougou (Burkina Faso): pour une méthode d'intégration de données multi-sources dans un SIG (Système d'Information Géographique). Mémoire du DEA Géographie et Pratiques du Développement dans le Tiers-Monde, Paris X-Nanterre, CIRAD, CIRDES, 52 pages et cartes.

MONICAT F. 1998. Le programme Ecosystèmes naturels et pastoraux (ECONAP), CIRAD-EMVT, Journées scientifiques CIRAD, sept 98.

PETITEAU L. 1997. Fly Picture Measurements. Rapport de stage IUT, Diplôme Universitaire de Conception et Ingénierie de l'Informatique, CIRAD, Montpellier (France), 63 pages et 2 disquettes.

SOLANO P. Implications épidémiologiques de la variabilité génétique de *Glossina palpalis gambiensis* grâce au polymorphisme de l'ADN microsatellite. Rapport CIRAD/ATP Santé-Environnement, Montpellier (France), 9 pages et cartes.

TOURE I. Mission d'appui au volet Télédétection, cartographie et SIG. CIRAD/ATP Santé-Environnement, Montpellier (France), 1998, 19 pages.

## **2. Thèses**

➤ **DE LA ROCQUE S.** Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence de glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II, Spécialité Biologie des populations et Ecologie, Formation Doctorale : Parasitologie. Soutenue le 19 décembre 1997 (mention très honorable avec félicitations du jury), 162 pages et annexes.

➤ **SOLANO P.** Implications épidémiologiques de la variabilité génétique des populations de glossines. Cas de *Glossina palpalis* en Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat de l' Université Montpellier II, Discipline: Parasitologie, soutenue le 21 nov. 1998 (mention très honorable avec félicitations du jury), 162 pages et annexes.

## **3- Publications parues**

BRUNHES, J., CUISANCE D., CUNY G., MANGUIN S., DE LA ROCQUE S. & GEOFFROY B., 1998. Entomologie médicale : l'explosion technologique. *Médecine tropicale*, **58** (1) : 15-20.

CUISANCE D. & DE LA ROCQUE S. 1998. Tsé-tsé et trypanosomoses: du système pathogène à l'évaluation du risque. *Colloque de synthèse et de prospective du Programme Environnement, Vie et Sociétés (PIREVS) du CNRS*. Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie, Paris, 25- 26 mai 1998, 5 pages.

DE LA ROCQUE S. & CUISANCE D. 1997. Facteurs discriminants de la présence de glossines au Burkina Faso. Intérêt dans la prévision du risque de trypanosomoses. *VIII ISVEE*, Paris, 07-10 juillet 1997. *Epidémiol.santé anim.*, 1997, 31-32.

DE LA ROCQUE S. & MICHEL J.F. 1997. Les SIG comme outils dans l'étude et la lutte contre la trypanosomose animale africaine. In: Actes du Séminaire conjoint CIRDES-ILRI-ITC/SNRA, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), avril 1997.



DE LA ROCQUE S., LEFRANÇOIS T., REIFENBERG J.M., SOLANO P., BENGALY Z., KABORE I. & CUISANCE D. 1998. PCR analysis and spatial repartition of trypanosomes infecting tsetse flies in Sideradougou area (Burkina Faso). *Annals of the New York Academy of Sciences*, **849**, 32-38.

DE LA ROCQUE S., GEOFFROY B., BORNE F., PETITEAU L., SOLANO P., MEUNIER J.Y. & CUISANCE D. 1998. L'aile de glossine, une carte d'identité de l'insecte ? *IV<sup>e</sup> Congrès International Francophone d'Entomologie*, St Malo, France, 05-09/07/98.

DUVALLET G., REIFENBERG J.M., SOLANO P., SIDIBE I., DE LA ROCQUE S., LEFRANÇOIS T., CUISANCE D., TOURE S.M. & CUNY G. 1997. Epidémiologie moléculaire des trypanosomoses animales. Premier bilan des recherches menées en Afrique de l'Ouest. *ISCTRC, Maputo, Mozambique*, 29/09 au 03/10/97.

DUVALLET G., DE LA ROCQUE S., REIFENBERG J.M., SOLANO P., LEFRANÇOIS T., MICHEL J.F., BENGALY Z., SIDIBE I., CUISANCE D. & CUNY G. 1998. Review on the molecular tools for the understanding of the epidemiology of animal trypanosomosis in West Africa. *SWMST*, conf. virtuelle E-mail, 03/98.

LEFRANÇOIS T., SOLANO P., DE LA ROCQUE S., BENGALY Z., REIFENBERG J.M., KABORE I. & CUISANCE D. 1998. New epidemiological features on animal trypanosomosis by molecular analysis in the pastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. *Molecular Ecology*, **7**, 897-904.

MICHEL J.F., MICHEL V., TOURE I., DE LA ROCQUE S., DE WISPELAERE G. & CUISANCE D. 1998. Représentation spatiale des données "bétail". Intérêt en analyse spatiale. Réseau "Représentation et gestion de l'information spatialisée", Séminaire CEMAGREF, Agropolis, Montpellier (France), 15 déc. 1998.

SIDIBE I., BENGALY Z., LEFRANÇOIS T., SOLANO P., GANABA R., OUATTARA L., KABORE I., BAUER B. & TOURE S.M. (1997). Epidémiologie de la trypanosomose animale au Burkina Faso. Où en est-on? *Comité technique Population-Elevage-Environnement*, Ouagadougou (Burkina-Faso), 08-10/12/97.

SOLANO P., CUNY G., DUVALLET G., CUISANCE D., RAVEL S., SIDIBE I. & TOURE S.M. 1997. Les techniques de génétique moléculaire au service de l'épidémiologie des trypanosomoses. Intérêt de l'étude du polymorphisme des microsatellites des glossines. *Rev. Elev. Méd. Vet. trop*, **50** (4), 297-301.

SOLANO P., DUVALLET G., DUMAS V., CUISANCE D. & CUNY G. 1997. Microsatellite markers for genetic population studies in *Glossina palpalis* (Diptera: Glossinidae). *Acta Tropica*, **65**, 175-180.

SOLANO P., DESQUESNES M., SIDIBE I. 1997. Le diagnostic de *T. vivax* : un problème non résolu dans l'épidémiologie des trypanosomoses. *Rev. Elev. Méd. Vet. trop*, **50** (3), 209-213.

SOLANO P., CUNY G., DUVALLET G., CUISANCE D., DE LA ROCQUE S., SIDIBE S.M., & TOURE S.M. 1998. Conséquences de la variabilité génétique de *Glossina palpalis gambiensis* sur l'épidémiologie des trypanosomoses animales au Burkina Faso. *IV<sup>e</sup> Congrès International Francophone d'Entomologie*, St Malo, France, 05-09/07/98.

SOLANO P., DE LA ROCQUE S., DE MEEÛS T., GEOFFROY B., DUMAS V., CUNY G., SIDIBE I., CUISANCE D. & DUVALLET G. 1998. Genetic differences in natural populations of *Glossina palpalis gambiensis* of West Africa revealed by microsatellite DNA polymorphism. *Acta Parasitologica Portuguesa*, **5** (1), 23.



SOLANO P., DUVALLET G., DUMAS V., CUISANCE D., CUNY G. & TOURE S.M. 1998. Microsatellite markers for genetic population studies in *Glossina palpalis gambiensis*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 849, 39-43.

SOLANO P., DE LA ROCQUE S., CUISANCE D. & DUVALLET G. 1998. Biodiversité des trypanosomes pathogènes pour le bétail et importance en épidémiologie. *Congrès de la Société Française de Parasitologie*, 10-11/06/98, Rennes, France.

SOLANO P., DUVALLET G., DUMAS V., CUISANCE D., CUNY G. & TOURE S.M. (1997). Utilisation de l'ADN microsatellite pour la génétique des populations de *Glossina palpalis* s.l. *Journées de la Société Burkinabé de Parasitologie*, 15-16/07/97, Ouagadougou, Burkina Faso.

SOLANO P., DUVALLET G., DUMAS V., CUISANCE D. & CUNY G. 1997. Microsatellite markers for genetic population studies in *Glossina palpalis* s.l. (Diptera: Glossinidae). *2nd International workshop on Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics of Pathogenic microorganisms*, Montpellier, France, 26-28/05/97.

TOURE S.M., SIDIBE I., BENGALY Z., LEFRANÇOIS T., SOLANO P., BAUER B., KABORE I., MICHEL J.F. & DE LA ROCQUE S. 1997. La Recherche-Développement au CIRDES dans le cadre du programme de lutte contre la trypanosomose animale en Afrique de l'Ouest. *24<sup>e</sup> Réunion ISCTRC*, Maputo (Mozambique), 29/09 au 03/10/97.

TOURE S.M., SIDIBE I., BENGALY Z., LEFRANÇOIS T. & SOLANO P. 1997. Rapport sur les contributions du CIRDES dans les recherches pour combattre la trypanosomose animale en Afrique de l'Ouest. *18<sup>th</sup> OIE adhoc Group on Non Tsetse Transmitted Animal Trypanosomosis (NTTAT)*, Paris (France), 28/05/97.

REIFENBERG J.M., SOLANO P., DUVALLET G., BAUER B., KABORE I., CUNY G & CUISANCE D. 1997. Improvement of the understanding of the epidemiology of animal trypanosomosis in West Africa by PCR-based studies. *STVM meeting*, 05 au 09 mai 1997, Montpellier (France).

#### **4- Publications soumises**

TOUTAIN, B., CESAR, J., DIALLO, M. & DE LA ROCQUE, S. Sub-humid tropical savanna and livestock production. Some examples of evolution in Western Africa. *Jardin planétaire 99*, Premier Symposium International sur la gestion durable des Ecosystèmes, Chambéry (France), mars 1999.

BORNE F., PETITEAU L., GEOFFROY B., DE LA ROCQUE S. & CUISANCE D. "Fly Picture Measurement", un nouvel outil informatique pour l'étude des glossines ». Présentation du logiciel mis au point pour les études morphométriques des ailes de glossines. (soumis à la *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire*).

DE LA ROCQUE S., GEOFFROY B., BORNE F., PETITEAU L., SOLANO P., MEUNIER J.Y. & CUISANCE D. Wings of tsetse flies, an insect identity card ? (soumis à *Bulletin of entomological Research*).

SOLANO P., MICHEL J.F., LEFRANÇOIS T., DE LA ROCQUE S., SIDIBE I., ZOUNGRANA A. & CUISANCE D. The PCR proves a useful diagnostic tool for detecting trypanosomes in naturally infected cattle in Burkina Faso. (soumis à *International Journal of Parasitology*).

## **5- Publications à rédiger**

### ♦ Entomologie

- **Facteurs discriminants de la présence de glossines** (typologie du milieu naturel, description des biotopes)

- **Evolution des populations de glossines dans la zone de Sidéradougou entre 1982 et 1996** : carte de variation des densités à mettre en parallèle avec celle des hommes, importance de la morphopédologie pour comprendre l'impact des activités anthropiques sur l'évolution du milieu naturel, influence des cultures sur la structure des galeries. A priori, une publication d'importance, à proposer en anglais dans une très bonne revue.

- **Interfaces hôtes / vecteurs: le voisinage de différents systèmes épidémiologiques trypanosomiens**

Reprendre la synthèse des résultats entomologiques, parasitologiques (chez les glossines, PCR), repas de sang, et finir sur la constatation que des systèmes de transmission sont spatialement très localisés et contrastés.

### ♦ Parasitologie

- **Incidence des trypanosomoses et interfaces avec les glossines**

Travaux sur les troupeaux sentinelles, transects réalisés en 1996.

- **Enquêtes parasitologiques et sérologiques sur le bétail dans la zone de Sidéradougou**

Résultats des deux enquêtes réalisées en 1998.

### ♦ Analyse de télédétection/ description du milieu

- **Les méthodologies de segmentation des paysages de bas-fonds.**

Méthode "Papri" pour caractériser les paysages les plus favorables aux tsé-tsé et segmenter le réseau..

- **Etude physiographique de la région du Tolé et du Koba ? La physiologie, révélateur des habitats tsé tsé.**

- **Caractérisation paysagère des formations riveraines par analyse de texture d'images spatiales.**

### ♦ Bétail

- **Recensement du bétail et typologie des producteurs de la zone**

Publication très descriptive, avec les résultats de J.F. Michel et ceux du recensement de l'INERA.

### ♦ Risques

- **Nouveaux outils pour l'évaluation du risque de transmission des trypanosomoses**

Présentation de l'ensemble de la démarche, une fois que le modèle aura été validé.

### ♦ Bétail (après le stage de DEA de J.F. Michel)

- **Indicateurs de présence du cheptel bovin**



- Modélisation de l'occupation de l'espace par les bovins
- Méthodes de recensement rapide du bétail
- Relation parcellaire agricole/zones d'influence du bétail

#### **6- Divers en perspective**

- Participation au Jardin Planétaire/La Villette 2000 (Télédétection au service Santé/Environnement)
  - Film "Les insectes piqueurs"/Mona Lisa Production
  - Posters prévus.
  - Projet d'Actions incitatives Ciblées (représentation des connaissances, outils pour l'action, aide à la décision): quelques types de modèles spatiaux autorégressifs (Passouant M., Touré I.).
  - Journées scientifiques CIRAD 1999.
- 
-

## Annexe 2

### RAPPORT FINANCIER DE LA PARTICIPATION DU CNRS au projet:

**“ Identification des facteurs déterminants majeurs de la présence des glossines. Intérêt dans la prévision du risque trypanosomien”.**

Le financement du CNRS (réf. CNRS 96/C/12) d'un montant total hors taxes de 225 000 frf, s'est intégré dans un projet de recherche d'un montant de fonctionnement de 1,2 Mfrf sur trois ans. Le coût total du projet y compris les charges de personnel des chercheurs et techniciens impliqués, peut être évalué à plus de 3,7 Mfrf, financé par le CIRAD, le CNRS et le Ministère Français de la coopération ( prise en charge d'un expert junior, 18 mois au CIRDES, Burkina Faso.).

Les fonds du CNRS ont permis d'assurer le fonctionnement de l'équipe de terrain, et des missions d'appuis d'experts de l'IRD et du CIRAD, surtout durant la phase de démarrage du projet, au 1er trimestre 1996. Les équipements acquis sur ces fonds sont un lecteur ELISA, des système de positionnement GPS et des logiciels SIG.

Le tableau ci dessous, présente le montant des dépenses conformément à la comptabilité du CIRAD. Il est associé à un tableau plus détaillé des dépenses.

	Montant réel en FRF HT	Budget en FRF
<i>Dépenses comptabilisé entre le 01/01/1996 et le 01/12/1998</i>		
<b>ÉQUIPEMENTS</b>	<b>20 000,00</b>	<b>25 000,00</b>
<b>FRAIS DE VÉHICULE ET SURVOLS AÉRIENS</b>	<b>93 739,74</b>	<b>80 000,00</b>
<i>(prestation assuré par notre partenaires au Burkina Faso le CIRDES)</i>		
<b>MATÉRIEL DE LABORATOIRE D'ENTOMOLOGIE ET DE PIÉGEAGE</b>	<b>29 396,30</b>	<b>30 000,00</b>
<b>LOGICIELS ET POSITIONNEMENT</b>	<b>24 237,01</b>	<b>22 000,00</b>
<b>MISSIONS D'APPUIS</b>	<b>68 965,68</b>	<b>68 000,00</b>
<b>TOTAL DE L'OPÉRATION FINANCEE PAR LE CNRS</b>	<b>236 338,73</b>	<b>225 000,00</b>



**Détail des écritures comptabilisé pour l'opération financé par le CNRS.**

Conformement à notre comptabilité

Affaire : 213040 BFASO/SANTE ENVIRONNEMENT  
Période : 01/01/96 au 23/12/98

N° compte	Journal	Pièce	Libellé	Montant réel en FRF	Budget en FRF
	144	1	cic cirDES multiscan	-20 000,00	-25 000,00
<b>EQUIPEMENTS</b>				<b>-20 000,00</b>	<b>-25 000,00</b>
621420	3091	1852	CIRDES	-14 299,74	
628200	3091	1676	CIRDES	-19 190,00	
604100	150	73	PSE 97/71 1E TRI	-30 000,00	
604100	150	72	CIRDES STAGI PSE 2	-250,00	
604100	3091	1902	CIRDES AVRIL/98	-30 000,00	
<b>FRAIS DE VEHICULE ET SURVOLS AERIENS</b>				<b>-93 739,74</b>	<b>-80 000,00</b>
<i>(prestation assuré par notre partenaires au Burkina Faso le CIRDES)</i>					
606220	3000	219	97/454 CPRL 59	-2 265,00	
606220	3000	195	97/428 ESPACE NATU	-565,00	
606220	3000	134	FILET MOUCHES	-349,36	
606220	3331	1	EPINGLES INSECTES	-917,02	
606230	3000	140	97/413 SIGMA	-4 137,00	
606230	3000	136	97/412 PROMEGA FRA	-1 504,80	
606230	3000	6	97/413 SIGMA	-1 631,00	
606230	3000	48	97/479 APPLIGENE	-2 718,00	
606230	3000	101	97/529 PROMEGA	-1 003,20	
606230	3000	227	ESPACE NATURE TOND	-300,34	
606230	3000	47	970597FRANKLAB	-1 286,20	
606230	3000	252	97/785 INFOCONSEIL	-862,44	
606230	3000	224	97/909 POLY LABO	-1 303,60	
606230	3000	79	97/979 INTER OUATE	-779,44	
606230	3000	67	BAECKEROOT LABO	-5 918,00	
606230	3331	43	LABOVER	-251,95	
606230	3331	119	PHARMACIE COTON	-74,84	
606230	3331	118	PHARMACIE	-37,91	
606230	3091	66	BIAUGEAUD	-1 306,00	
606300	3091	1414	LABO SERV	-2 185,20	
<b>MATERIEL DE LABORATOIRE ET D'ENQUETE DE TERRAIN (pi)</b>				<b>-29 396,30</b>	<b>-30 000,00</b>
606420	3000	80	A MEDIT ONDULEUR	-1 208,00	
606420	3000	337	97/530 INFOPOINT	-2 220,00	
606420	3000	127	97/719 INFOPOINT	-1 957,50	
606420	3331	37	3004/68 INFOPOINT	-611,80	
606420	3331	70	INFOPOINT INTERFAC	-414,00	
606420	3091	1475	INFOPOINT	-296,00	
606420	3091	1795	INFOPOINT	-870,00	
606420	3091	81	PRAXEME	-1 260,00	
606420	3091	288	DETROIS GR 30712	-1 340,00	
606420	3091	1783	INFOPOINT	-1 209,00	
606420	7100	69	2082/9849 LOGICIEL	-2 292,00	
606420	3091	512	INFOPOINT981201945	-3 854,80	
611200	3000	59	IDRISI INSCRIPTION	-2 503,91	
611410	6311	9	SAISIE ONFO/BIOMET	-4 200,00	
<b>LOGICIEL ET POSITIONNEMENT</b>				<b>-24 237,01</b>	<b>-22 000,00</b>
625110	111	59	DE LA ROCQUE/RETAF	-144,00	
625110	3000	73	MEALLET OUAGADOUDOU	-5 923,00	
625120	3000	211	CUISANCE MPT/OUAGA	-4 591,00	
625120	111	36	CUISANCE/OM126 BFA	-222,90	
625120	3000	172	DIA PARIS	-726,00	
625120	3000	9	DE LA ROCQUE PARIS	-1 146,00	
625120	111	11	MICHEL V/FRAIS KM	-4 284,00	
625120	3331	222	MICHEL OUAGADOUDOU	-4 134,00	
625120	291	809	MICHEL 1603 BURKIN	-2 473,10	
625120	3091	1801	VIA 24093173	-4 899,00	
625120	3091	31	VIA 24128777	-1 198,00	
625120	3091	507	VIA VOYAGES	554,00	
625120	3091	49	VIA	-447,00	
625120	3091	44	VIA	-720,00	
625120	291	448	DELAROC 2209 MTP	-1 400,00	
625620	111	22	DELAROCQUE/OM0658	-576,25	
625620	111	21	DEWISPELAERE OM135	-6 654,70	
625620	111	36	CUISANCE/OM126 BFA	-3 760,00	
625620	3000	173	SUD TAXI	-850,00	
625620	111	35	DELAROCQUE/0841ULV	-1 037,25	
625620	6300	14	GUILLOBEZ/MISSION	-4 216,20	
625620	111	11	DELAROCQUE/OM219	-2 191,00	
625620	1126	181	9276 MEALLET	-100,00	
625620	111	19	DUVAL/OM320/MOZAMB	-4 270,29	
625620	3000	290	SUD TAXIS 10/97	-130,00	
625620	291	113	TOURE 17/6 BURKINA	-5 739,00	
625620	291	448	DELAROC 2209 MTP	-2 003,00	
625700	111	37	CUISANCE/FRECEP BF	-540,00	
626800	3000	132	delarucque/frais	-92,87	
641055	7000	270	REIMPUT TOURE	-3 600,23	
645000	7000	282	REIMPUT TOURE	-1 450,89	
<b>MOYENS HUMAINS ET MISSIONS D'APPUIS</b>				<b>-68 965,68</b>	<b>-68 000,00</b>
<b>TOTAL DE L'OPERATION FINANCE PAR LE CNRS</b>				<b>-236 338,73</b>	<b>-225 000,00</b>